

**Universidad
Autónoma
Metropolitana**



Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**

DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO
Posgrado en Diseño y Estudios Urbanos

EL DEBATE CIENTÍFICO EN LA CONCEPCIÓN DEL DESAGÜE DEL VALLE DE MÉXICO, 1607-1975

Isaac Acosta Fuentes

Tesis para optar por el grado de Doctor en
Diseño y Estudios Urbanos

Miembros del jurado:

Dr. Francisco Santos Zertuche
Director de Tesis

Dra. Carmen Bernárdez de la Granja
Dr. Saúl Jerónimo Romero
Dr. Manuel Perló Cohen
Dr. José Agustín Ronzón León
Dr. Oscar Terrazas Revilla

México, D.F.
Diciembre de 2016

*A la memoria del Maestro
Guillermo Octaviano Gazano Izquierdo,
quien alegre y generoso,
compartió su apoyo y sabiduría
en el momento oportuno.*

Mi agradecimiento a cada una de las instituciones y personas que apoyaron la realización de este trabajo de investigación. De manera especial, gracias:

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el respaldo financiero para realizar la investigación.

A la Universidad Autónoma Metropolitana, por auspiciar el desarrollo de este trabajo en el Posgrado en Diseño y Estudios Urbanos.

Al Dr. Francisco Santos Zertuche, por su inseparable acompañamiento a lo largo de esta investigación. Por su consejo oportuno y su incomparable guía.

A cada uno de los distinguidos académicos que me han honrado con el privilegio de su atención, dando lectura y orientación en la conformación de este trabajo: la Dra. Carmen Bernárdez de la Granja, el Dr. Saúl Jerónimo Romero, el Dr. Manuel Perló Cohen, el Dr. José Ronzón León y el Dr. Oscar Terrazas Revilla.

Al Dr. José Revueltas Valle, por su amable interés y motivación para realizar esta investigación.

Al Dr. Miguel Hernández Hernández, por tu amable lectura y crítica del texto.

A la Mtra. María Teresa Ocejo Cazares, porque su comprensión me permitió dedicar el tiempo suficiente a este trabajo.

Al Mtro. Antonio Abad Sánchez, por su constante respaldo. Maestro Toño, usted hizo una elogiosa presentación de mi persona con el Dr. Francisco Santos al inicio de la investigación. Mi deuda es impagable.

Al Mtro. Octavio García Rubio, quien amablemente me prestó libros invaluable para documentar el tema.

Al Lic. Dante Fulco Rinaldi, por sus recomendaciones sobre la configuración del trabajo, realizadas durante un seminario sobre la sustentabilidad y el diseño.

A Fabiola García Martínez, por tú compañía durante la mayor parte del periodo de investigación, una época entrañable.

Y a Yara María Álvarez Romero. Aunque yo llegue tarde, tú has estado ahí, atenta y solidaria, siempre a tiempo.

Resumen

En este trabajo se analiza la historia del pensamiento científico desarrollado en torno a las obras del desagüe de la Cuenca del Valle de México desde principios del siglo XVII, en la época colonial, hasta mediados del siglo XX.

Al llevar a cabo este análisis del pensamiento científico se ha considerado la obra escrita de aquellos expertos que en diferentes momentos del pasado sostuvieron discusiones y debates sobre la problemática general de la gestión hidráulica en la cuenca.

Para lograr este estudio se realiza un análisis comparativo de tres periodos. El primero comprende las tres primeras décadas del siglo XVII. El segundo periodo va de mediados del siglo XIX hasta la década de los años 1870. Finalmente, en el siglo XX se estudia el periodo comprendido en el lapso de 1950 a 1970.

La pregunta de investigación que se ha formulado con la finalidad de encauzar la reflexión se sintetiza de la siguiente manera: ¿qué relaciones podemos identificar en el pensamiento científico sobre los problemas ambientales y urbanos a lo largo de la historia de la urbanización de la Cuenca del Valle de México?

El aporte de esta investigación consiste en formular argumentos para fundamentar que el concepto de sustentabilidad urbana tiene un antecedente histórico de largo alcance que se ha ido estructurando mediante un intenso debate entre expertos en cuanto a los diagnósticos, los proyectos y las obras emprendidos para prevenir las inundaciones y lograr un desagüe de la región.

La noción de habitabilidad urbana en la cuenca se ha construido mediante un agudo proceso de transformaciones ambientales, cuyos efectos han generado la continua necesidad de diagnóstico del funcionamiento hidráulico regional.

Índice general

Introducción.....	14
--------------------------	-----------

Capítulo 1. El estado del arte de la investigación histórica sobre el desagüe del Valle de México y el problema de investigación.....	17
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

1.1 Introducción: descripción de la cuenca.....	17
1.1 Introducción: descripción de la cuenca.....	18
1.2 Aproximación al objeto de estudio.....	21
1.3 El desagüe del Valle de México como tema de investigación en la historia.....	22
1.3.1 El período colonial.....	22
1.3.2 El desagüe en siglo XIX.....	25
1.3.3 El desagüe en el siglo XX.....	27
1.3.4 Reflexión sobre el estado del arte de la investigación histórica.....	28
1.4 Otros enfoques históricos: historia ambiental e historia urbana.....	29
1.5 El problema de investigación como un tema de historia de las ideas.....	31
1.6 Planteamiento del problema de investigación.....	34
1.7 Justificación del problema.....	36
1.8 Las fuentes de investigación.....	38
1.8.1 Las fuentes primarias o directas.....	38
1.8.2 Fuentes históricas publicadas.....	41
1.9 El método de investigación.....	45
1.10 Elementos teóricos sobre la historia de la ciencia aplicados en esta investigación.....	49
1.10.1 Enfoques generales sobre historia de la ciencia.....	49
1.10.2 El debate sobre continuidad y discontinuidad de los procesos históricos.....	52
1.10.3 El papel del contexto social sobre la generación del conocimiento científico.....	53
1.10.4 Las ideas científicas sobre el desagüe como programa de investigación.....	55
1.10.5 Diversas tradiciones de pensamiento en pugna.....	56
1.10.6 Kuhn y Popper como dos polos para la reflexión.....	57
1.11 El alcance de la investigación: el objeto de estudio y su relación con los problemas urbanos.....	59

Capítulo 2. Una revisión de la cartografía como referente científico.....	64
----------------------------------------------------------------------------------	-----------

2.1 La cartografía colonial.....	65
2.2 Una muestra de la cartografía en el siglo XIX.....	84
2.3 Una breve revisión de mapas del siglo XX.....	93
2.4 Reflexión final.....	100

Capítulo 3. El desagüe, un tema científico a inicios del siglo XVII.....	101
---------------------------------------------------------------------------------	------------

3.1 Introducción.....	102
3.2 La ciencia novohispana y la idea del desagüe.....	103
3.2.1 El contexto científico.....	103
3.2.2 La comprensión científica del desagüe durante el periodo novohispano.....	105
3.3 El desagüe en marcha.....	106

3.3.1 Los acontecimientos más relevantes en el período 1608-1629	106
3.3.2 Las obras en los tiempos de Luis de Velasco	111
3.3.2.1 Los antecedentes inmediatos	111
3.3.2.2 La concepción de la obra	112
3.3.2.3 La ejecución de la obra	114
3.4. El debate científico sobre el desagüe	116
3.4.1 La visión de la ciudad y del desagüe de Enrico Martínez	116
3.4.2 Opiniones diferentes a la visión de Enrico Martínez	121
3.4.2.1 La crítica de Alonso Arias	121
3.4.2.2 La alternativa de Adrian Boot	124
3.4.2.3 Las propuestas de Andrés de San Miguel	128
3.5 Los aportes del debate científico	131
3.6. Los aspectos políticos, sociales y económicos en torno del debate científico	134
3.7 Las ideas y las obras, su relevancia en el tiempo	135
 Anexo al capítulo 3: Alzate, una visión trascendente en la concepción científica de la hidrología del valle	 142
 Capítulo 4. Aproximaciones científicas al desagüe durante la segunda mitad del siglo XIX	 145
4.1 Introducción	146
4.2 Los avances en la ciencia y en la tecnología durante el siglo XIX	147
4.2.1 Los avances científicos	147
4.2.2 Los avances tecnológicos	152
4.3 Antecedentes del problema del desagüe en el México independiente	154
4.3.1 El cierre del siglo XVIII: las ideas y obras de Cosme de Mier y Tres Palacios, Castera y Apecechea	154
4.3.2 La visión de Humboldt sobre el desagüe	155
4.3.3 El diagnóstico de Mora	158
4.3.4 La influencia conjunta de los diferentes antecedentes	160
4.4 Una visión general del marco político institucional y las obras públicas para atender el problema del desagüe durante el siglo XIX	161
4.5. El arranque del debate: la problemática del desagüe entre 1856 y 1866	163
4.5.1 Un antecedente obligado: el proyecto de Smith	163
4.5.2 Las ideas y los proyectos a concurso	165
4.6 Un documento central: la Carta hidrográfica del Valle de México	172
4.7 Francisco de Garay y su aporte conceptual a la comprensión del problema del desagüe	176
4.8 Miguel Iglesias: un puente hacia la estructuración de la visión del Gran Canal	182
4.9 Luis Espinosa: la visión puesta en práctica	183
4.10 Miguel Ángel de Quevedo: una síntesis de las ideas decimonónicas	185
4.11 Una propuesta para la interpretación de la socioeconomía del desagüe	187
4.12 El núcleo del debate científico sobre el desagüe en la segunda mitad del siglo XIX ...	188
 Capítulo 5. Urbanización, drenaje y desequilibrio hidrológico: el debate a mediados del siglo XX	 199
5.1 Introducción	200

5.2 Detalle sobre las fuentes de investigación empleadas	201
5.3 Una visión panorámica de la ciencia en México durante la primera mitad del siglo XX ..	203
5.4 Visión general de los acontecimientos históricos	206
5.5 Los principales antecedentes del debate científico.....	210
5.5.1 Crecimientos urbano y demográfico	210
5.5.2 Roberto Gayol: el planteamiento del drenaje de la ciudad y su idea sobre el hundimiento del suelo	219
5.5.3 El hundimiento del suelo de la ciudad	224
5.6 Nabor Carrillo y el conocimiento científico de los problemas del suelo urbano.....	229
5.7 La discusión sobre el desequilibrio hidrológico.....	233
5.8 Diversas propuestas sobre la gestión hidráulica durante la década de los años cincuenta	237
5.9 El cambio en la visión del desagüe en la segunda mitad del siglo.....	239
5.9.1 El Plan general para resolver los problemas del hundimiento, las inundaciones y el abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México	240
5.9.2 Ochoa y Ortiz: una postura alternativa	247
5.9.3 La nueva orientación toma la ventaja	254
5.10 La propuesta del Sistema de Drenaje Profundo	256
5.10.1 El proceso de desarrollo del Sistema de Drenaje Profundo.....	256
5.10.2 Los diagnósticos científicos de la problemática planteada para la construcción del Sistema de Drenaje Profundo	257
5.10.3 Caracterización del Sistema de Drenaje Profundo	261
5.10.4 El desequilibrio hidrológico en relación al Sistema de Drenaje Profundo.....	269
5.11 La posibilidad de restauración del sistema lacustre: el proyecto del lago Texcoco.....	272
5.12 La generación del conocimiento sobre la gestión hidrológica de la cuenca y la transformación del sistema lacustre en el siglo XX	275
 Anexo al Capítulo 5. El valle que resurgió del drenaje	281
A.5.1 Introducción	281
A.5.2 Ubicación y características geográficas del Valle del Mezquital.....	282
A.5.3 Antecedentes de la irrigación en el siglo XIX y principios del XX	284
A.5.4 La irrigación del Valle del Mezquital en las primeras décadas del siglo XX.....	285
A.5.5 La irrigación del Valle del Mezquital en el contexto posrevolucionario	287
A.5.6 El impacto de la irrigación de gran escala en el Valle del Mezquital.....	290
A.5.7 La irrigación del Valle del Mezquital como fin del proyecto del Sistema de Drenaje Profundo	291
A.5.8 Conclusión: la relación orgánica de la gran urbe con el valle agrícola	293
Ilustraciones del anexo	295

**Capítulo 6. La evolución de las ideas sobre el desagüe de la Cuenca del Valle de México:
hacia una construcción histórica de la sustentabilidad urbana (Conclusiones) 301**

6.1 Introducción: los diferentes enfoques sobre el desagüe a lo largo de la historia, la continuidad del proceso histórico	302
6.2 Sustentabilidad y desagüe	305
6.3 Los conceptos que sintetizan el pensamiento sobre el futuro de lo urbano	307
6.4 Visiones de futuro para de la ciudad	309
6.5 El desagüe general como paradigma de la gestión hidráulica de la cuenca.....	311

6.6 Crítica del desagüe general como resultado de un proceso de generación de conocimiento científico.....	316
6.7 El aporte del desarrollo del desagüe al campo del diseño urbano.....	318
6.7.1 La innovación tecnológica	318
6.7.2 La estructuración de una visión integral del proceso de generación de infraestructuras urbanas	325
6.7.3 Diseño de infraestructura y construcción de pensamiento científico	328
6.8 Conclusiones generales	330
6.8.1 Primera conclusión: la relación del diseño con la construcción del pensamiento científico.....	331
6.8.2 Segunda conclusión: ni occidentalización ni visión prehispánica en la política hidráulica	333
6.8.3 Tercera conclusión: el hundimiento del suelo y la dinámica de urbanización como factores determinantes de la política hidráulica contemporánea	334
6.8.4 Cuarta conclusión: el papel del diseño en el proceso histórico del desagüe.....	335
6.8.5 Quinta conclusión: los ejes de continuidad histórica.....	336
Fuentes bibliográficas y archivísticas	338

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Mapa de la ubicación territorial de la Cuenca del Valle de México	19
Ilustración 2. Mapa de principales climas en la Cuenca del Valle de México	20
Ilustración 3. Mapa de precipitación pluvial anual en la Cuenca del Valle de México	21
Ilustración 4. Descripción de la Comarca de México y Obra del desagüe de la Laguna... 67	
Ilustración 5: Mapa del diseño de la Ciudad de México y del Virreinato de Nueva España desde del Mar del Norte al del Sur, para instrucción del desagüe de la Laguna de México del año de 1612	70
Ilustración 6:Mapa Forma y levantado de la Ciudad de México, Juan Gómez de Transmonte, 1628.	72
Ilustración 7: Mapa de Descripción de México, de su comarca y sus lagunas, Diego de Zisneros, 1618.	74
Ilustración 8: Mapa Sin título, autor desconocido, 1629.	76
Ilustración 9: Mapa del Valle de México, Lagarto, 1637.	78
Ilustración 10: Mapa de las aguas que por el círculo de 90 leguas vierten a la laguna de Tescuco y la extensión que esta y la de Chalco tienen, sacado del que el siglo pasado deligneo D. Carlos de Sigüenza, 1786.	81
Ilustración 11: Mapa de Ignacio Castera, 1776, Plano geométrico de la imperial, noble y leal Ciudad de México, teniendo por extremo la zanja y garitas del resguardo de la Real Aduana.	83
Ilustración 12: Plano de una parte del valle de México. Smith, M. L. y E.L.V. Hardcastle. 86	
Ilustración 13: Plano general de la mesa del valle de México. Francisco de Garay. 1856.88	
Ilustración 14: Carta hidrográfica del valle de México. Francisco Díaz Covarrubias. 1862.90	
Ilustración 15. Plano de una parte de los lagos del valle de México. Luis Espinosa. 1879.92	
Ilustración 16: Proyecto Interceptor poniente.	95
Ilustración 17: Diagrama de interceptores propuestos en el SDP.....	97
Ilustración 18: Diagrama general de los sistemas de drenaje de la Ciudad de México.....	99
Ilustración 19. Portada del Reportorio de Enrico Martínez.	117

Ilustración 20. Los proyectos de intervención de Martínez y Boot.....	137
Ilustración 21. Detalle de la obra de Martínez.	138
Ilustración 22. Detalle del proyecto de Boot.	139
Ilustración 23. Cortes proyectados por Guillermo de Hay (1866) para ilustrar su proyecto.	168
Ilustración 24. Sifón propuesto por Eusebio Soler.....	170
Ilustración 25: Cortes del gran socavón. Proyecto del Ingeniero Francisco de Garay, 1856.	181
Ilustración 26. Los proyectos de De Garay y Espinosa.	193
Ilustración 27. Los proyectos de De Garay y Espinosa. Túneles.....	194
Ilustración 28. Los proyectos de De Garay y Espinosa. Intervención en el lago de Texcoco.....	195
Ilustración 29. Inundación en algunas calles de 5 de Febrero, 5 de junio de 1952.....	208
Ilustración 30. Población en el DF.....	213
Ilustración 31. Crecimiento espacial de la ciudad.....	214
Ilustración 32. Obras del sistema Lerma, 13 de marzo de 1953.....	217
Ilustración 33. Obras de conexión del Gran Canal.....	222
Ilustración 34 Obras de construcción del edificio de la Lotería Nacional, a cargo de J.A. Cuevas. En la zona se registraban los mayores niveles de hundimiento.	228
Ilustración 35. Predicción del hundimiento.....	242
Ilustración 36: Balance hidrológico de la Cuenca del Valle de México.	244
Ilustración 37. Esquema de abastecimiento y obras de restitución en la Ciudad de México.....	246
Ilustración 38. Obras referidas por Ochoa y Ortiz	251
Ilustración 39. Modelos de estudio para el SDP.....	259
Ilustración 40: Perspectiva de la construcción del revestimiento del interceptor oriente y Punto de encuentro de los interceptores con el Emisor Central.	263
Ilustración 41: Zonas de dragado y bombeo y de los lagos generados en el proceso de estudio del Proyecto Lago Texcoco.....	274
Ilustración 42. La propuesta del Plan general y el cambio de estrategia	277
Ilustración 43. El Sistema de Drenaje Profundo	278

Ilustración 44. Delimitación del Valle del Mezquital	283
Ilustración 45. Ubicación del Valle del Mezquital en relación a las entidades federativas y las subcuencas hidrológicas regionales	295
Ilustración 46. Mapa edafológico	296
Ilustración 47. Régimen de humedad del suelo.....	297
Ilustración 48. Precipitación media anual	298
Ilustración 49. Isotermas medias anuales	299
Ilustración 50. Carta de vegetación.....	300
Ilustración 51. Hombres frente a cueva de socavón en una mina de material.....	320
Ilustración 52. Bomba sifón.....	321
Ilustración 53. Compuerta del Gran Canal del desagüe.....	322
Ilustración 54. Detalles del gran colector en la calzada de los Misterios. Col Peralvillo, 11 de septiembre de 1928	323
Ilustración 55. Sifones en el Gran Canal Hidroeléctrico, San Juan de Aragón, 1928.....	324
Ilustración 56. Ejes sintéticos de la reflexión histórica.....	327
Ilustración 57: Relaciones entre diagnósticos, proyectos, obras y ciencia.....	328

Índice de tablas

Tabla 1. Nota biográfica de Enrico Martínez	108
Tabla 2. Nota biográfica de Adrian Boot.....	110
Tabla 3. Nota biográfica de Andrés de San Miguel	129
Tabla 4. Propuestas para el desagüe en 1856.....	166
Tabla 5. Nota biográfica de Manuel Orozco y Berra.....	175
Tabla 6. Nota biográfica de Francisco de Garay	180
Tabla 7. Nota biográfica de Miguel Ángel de Quevedo	187
Tabla 8. Acontecimientos de referencia para el período estudiado (1950-1975).....	207
Tabla 9. Registro del hundimiento de la ciudad en la primera mitad del siglo XX.....	225
Tabla 10. Nota biográfica de Nabor Carrillo	233
Tabla 11. Características principales de los componentes del SDP.....	262
Tabla 12. Principales aspectos del proceso de irrigación en el Valle del Mezquital.....	288
Tabla 13. Irrigación en el Valle del Mezquital.....	290
Tabla 14. Las inversiones realizadas en el desarrollo y mantenimiento de los sistemas de desagüe.....	314

Abreviaturas utilizadas

AGI	Archivo General de Indias
AHA	Archivo Histórico del Agua
AHDF	Archivo Histórico del Distrito Federal
AHN	Archivo Histórico de la Nación
ANUIES	Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior
CIESAS	Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social
CINVESTAV	Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados
CNA	Comisión Nacional del Agua
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
DDF	Departamento del Distrito Federal
DGOH	Dirección General de Obras Hidráulicas
ICA	Ingenieros Civiles Asociados
IPN	Instituto Politécnico Nacional
SDP	Sistema de Drenaje Profundo
UAM	Universidad Autónoma Metropolitana
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México

Introducción

El presente trabajo de investigación tiene como propósito principal establecer relaciones entre tres ámbitos: la historia de las ideas científicas, los proyectos de infraestructuras para el desagüe de la Cuenca del Valle de México y la noción de la sustentabilidad regional.

Se dará respuesta a algunas preguntas que se consideran importantes en el análisis histórico:

¿Qué papel tuvo el desarrollo de proyectos de infraestructura para el desagüe en la construcción del conocimiento científico sobre la hidrología regional?

¿Cómo surge y se desarrolla una noción de la sustentabilidad del proceso de urbanización entre los expertos científicos que se interesan por el desagüe?

¿Qué rupturas y signos de continuidad se pueden encontrar en el proceso histórico de conformación de un pensamiento científico sobre la hidrología regional en la Cuenca del Valle de México?

Para la realización de la investigación se utilizaron diversas fuentes. Se consultaron documentos históricos de diversos archivos, nacionales y extranjeros, además del análisis de diversas fuentes archivísticas ya publicadas. En cuanto a este último aspecto se reunieron y analizaron documentos escritos por expertos que en el pasado analizaron la problemática de las inundaciones que afectaban la vida de la Ciudad México. También se tomó en cuenta tanto trabajos de interpretación histórica específicos sobre la temática abordada como trabajos de investigación sobre historia de las ideas científicas.

La tesis tiene una estructura conformada por seis capítulos. En el primero se describen las características físicas de la Cuenca del Valle de México, se realiza una delimitación y justificación del objeto de estudio y se expone el estado del arte de la investigación histórica sobre el desagüe de la Cuenca del Valle de México.

En el segundo capítulo se describe el desarrollo de la cartografía elaborada a lo largo de varios siglos sobre el tema del desagüe, como un referente del carácter científico que ha asumido la investigación sobre la hidrología regional.

En el capítulo tres se analizan los planteamientos de los ingenieros, arquitectos y otros expertos que desarrollaron ideas y propuestas para el desagüe o el control de inundaciones durante las primeras décadas del siglo XVII. Al final de este capítulo se presenta un anexo en el que se reflexiona sobre el trabajo de José Antonio Alzate y Ramírez en torno al desagüe en el siglo XVIII.

El capítulo cuatro está enfocado al análisis de las propuestas realizadas por expertos, principalmente ingenieros, que formularon ideas y proyectos para el tema del desagüe durante la segunda mitad del siglo XIX. Este capítulo dedica una parte de su extensión a los antecedentes inmediatos al periodo de estudio, esto es la época de finales del periodo colonial.

En el quinto capítulo se aborda el análisis de las diferentes visiones sobre la problemática del desagüe a mediados de siglo XX y el proceso que culminaría con la ejecución de la obra del Sistema de Drenaje Profundo. A este capítulo se le anexa una reflexión sobre el proceso histórico para la habilitación del Distrito tres de riego en el estado de Hidalgo.

El capítulo final presenta un conjunto de reflexiones en torno a la relación entre los periodos analizados y conclusiones sobre el proceso histórico en el que se configuraron ideas, diagnósticos, proyectos y obras para el desagüe.

Pocas obras de infraestructura urbana tienen una historia tan amplia y compleja como lo es la del desagüe de la Cuenca del Valle de México. Esta se remonta al siglo XVI, cuando se presentan las primeras ideas para atender la problemática de las inundaciones, dadas sus terribles consecuencias para la capital novohispana.

El propósito inicial del trabajo fue el investigar la historia de las ideas en torno del desagüe de la Cuenca del Valle de México con la finalidad de entender los vínculos de ese proceso con el proyecto del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal. En el camino se descubrió que las ideas y trabajos para el desagüe han hecho una contribución a la construcción del pensamiento científico en México y que las diversas

relaciones entre el proceso de diseño y la ciencia tienen un robusto referente en esta historia.

El trabajo plantea los siguientes aportes a la investigación del vínculo entre el pensamiento científico y el diseño urbano:

- Un análisis de largo plazo en el que se detectan continuidades y rupturas en el proceso histórico de estructuración de conocimiento científico, transformación ambiental y desarrollo de infraestructuras urbanas.
- Una visión de la emergencia de la noción de la sustentabilidad como un resultado del desarrollo de las ideas científicas a nivel regional.
- Una propuesta de interpretación histórica acerca del papel desempeñado por la generación de proyectos de diseño en la estructuración del conocimiento científico.

Capítulo 1. El estado del arte de la investigación histórica sobre el desagüe del Valle de México y el problema de investigación

1.1 Introducción: descripción de la cuenca

Esta investigación tiene una perspectiva histórica y se concentra en el estudio de las ideas científicas, expresadas por aquellos expertos que en diferentes momentos se involucraron con el tema del desagüe de la Cuenca del Valle de México. La contribución de esos expertos trascendió al desarrollo de una de las infraestructuras que han hecho posible la expansión urbana en la cuenca y es muestra de la interacción entre la ciencia, el diseño y las visiones urbanísticas modernas. Comprender ese proceso histórico es relevante para el desarrollo urbano futuro en esta región.

En esta sección se presenta a la protagonista de nuestra historia:

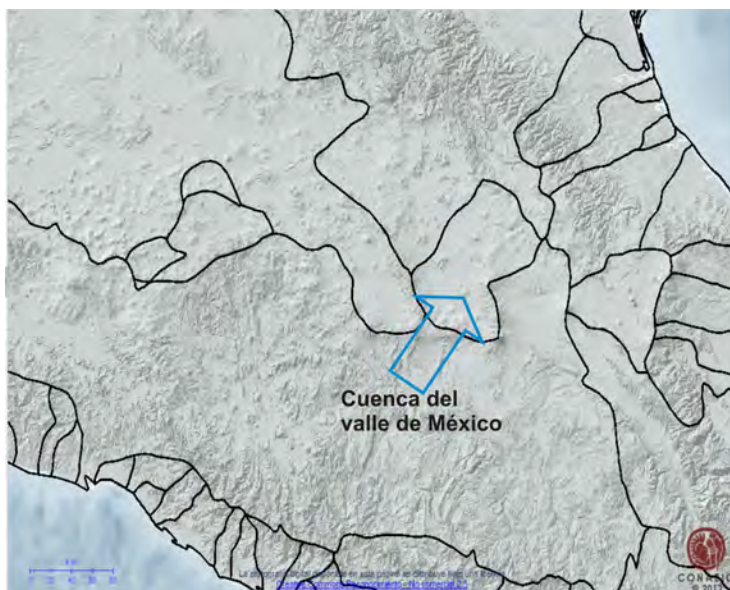
La Cuenca del Valle de México es una región por de más especial en el mundo. A lo largo de miles de años ha constituido el hábitat para muy diversas culturas y se cuenta entre los espacios geográficos con mayor poder de atracción para los asentamientos humanos en nuestro planeta (Ezcurra, 1990).

La Cuenca del Valle de México es una región geográfica constituida por varias subcuencas hidrológicas. Se localiza aproximadamente entre los 99° 30' y 98° 15' Oeste y entre los 19° 00' y 20° 00' Norte. La cuenca se ubica en el eje volcánico transversal de los Estados Unidos Mexicanos y territorialmente es ocupada por diferentes entidades federales del país, incluida la ciudad capital, a la que nos referiremos con mayor frecuencia como Ciudad de México. Las otras entidades que forman parte de la cuenca son los Estados de México, Hidalgo y Tlaxcala.

La cuenca tiene una extensión de alrededor de siete mil kilómetros cuadrados. Es una región lacustre que en su parte más baja tiene una altitud de 2,240 m.s.n.m. En el horizonte prehispánico del Clásico la región lacustre llegó a ocupar aproximadamente 1.5 mil kilómetros cuadrados (Ezcurra, 1990), es decir, algo más de la quinta parte del territorio de la cuenca.

En el mapa que se presenta a continuación se puede visualizar la ubicación de la Cuenca del Valle de México en la región central del país (ver ilustración1).

Ilustración 1. Mapa de la ubicación territorial de la Cuenca del Valle de México

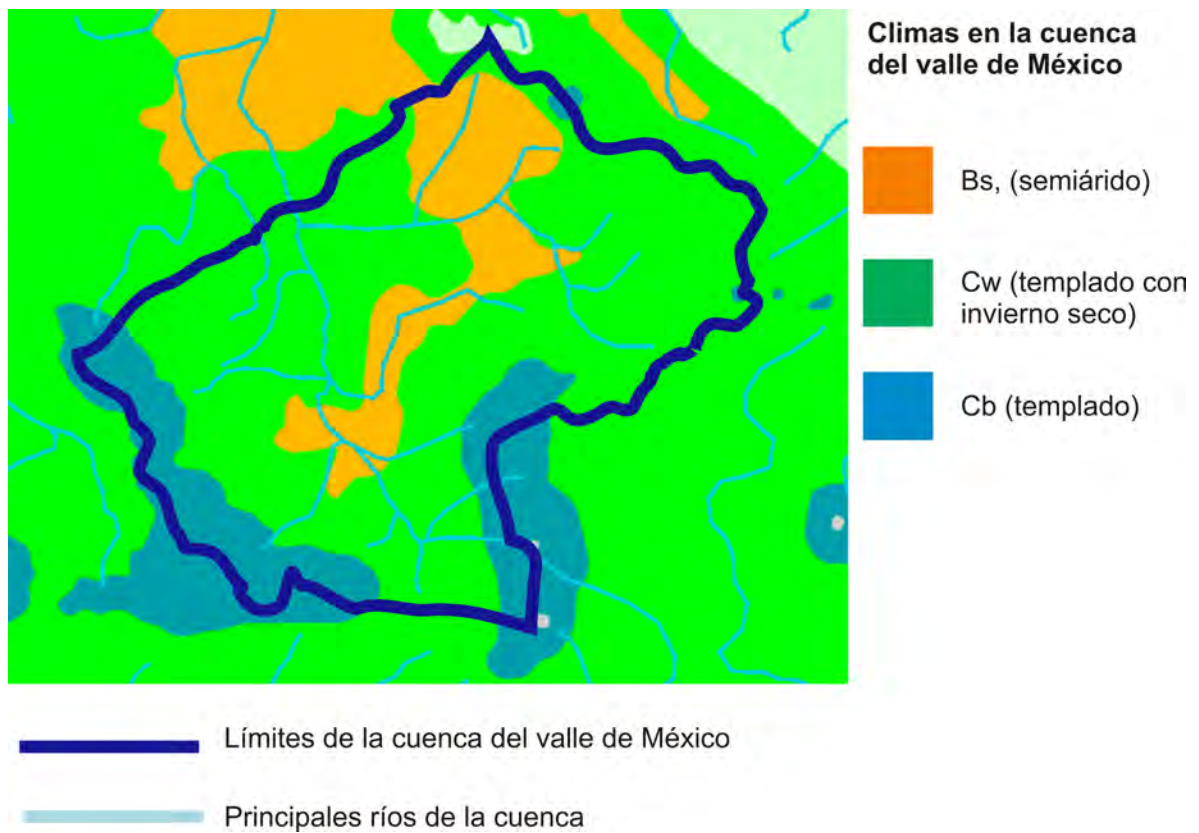


Fuente: elaboración propia con base en un mapa de cuencas hidrológicas de CONABIO.

Ezequiel Ezcurra señala que diversos expertos han identificado nueve zonas ambientales integrando la Cuenca del Valle de México: 1) el sistema lacustre, 2) las costas salobres, 3) los suelos aluviales profundos y pantanosos, 4) los suelos aluviales someros, 5) los suelos aluviales elevados, 6) el pie de monte bajo, 7) el pie de monte medio, 8) el pie de monte superior y 9) el ambiente de las sierras (Ezcurra, 1990).

En el siguiente mapa se puede apreciar la distribución de los principales climas en la Cuenca del Valle de México. Predomina el clima templado con temporada de lluvias bien definida durante varios meses del año. La región lacustre, que recibe los aportes de la hidrología regional, tiene un clima semiárido (ver ilustración 2).

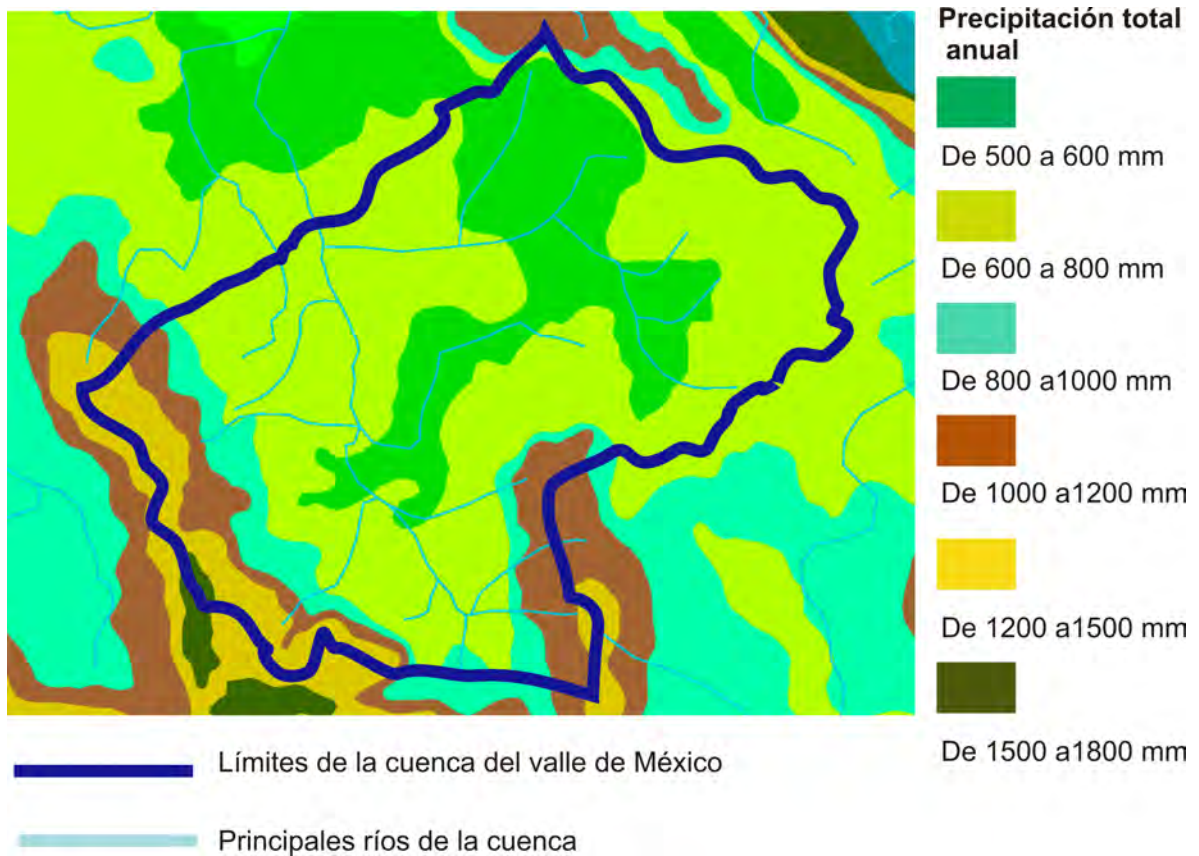
Ilustración 2. Mapa de principales climas en la Cuenca del Valle de México



Fuente: elaboración propia con base en un mapas de cuencas hidrológicas y climas de CONABIO.

La pluviometría anual se reporta en la ilustración 3. Se puede ver que la región lacustre tiene la menor precipitación regional. Esto significa que el comportamiento de los lagos depende sobre todo del caudal en los ríos y arroyos que los alimentan. Los mayores índices de precipitación se presentan en los límites del suroeste y el sureste de la cuenca.

Ilustración 3. Mapa de precipitación pluvial anual en la Cuenca del Valle de México



Fuente: elaboración propia con base en un mapas de cuencas hidrológicas y precipitación de CONABIO.

1.2 Aproximación al objeto de estudio

La Cuenca del Valle de México remite a múltiples y amplias temáticas cuyos problemas han sido estudiados desde diversas perspectivas disciplinarias como la geografía, la geología, la antropología, la economía, la sociología, la historia y las ingenierías. Vale la pena mencionar que otros campos disciplinarios han hecho significativas contribuciones a la comprensión de los problemas de este territorio.

En el nivel más general, el objeto de investigación de este trabajo es el desagüe de la Cuenca del Valle de México. A lo largo de varios siglos la idea del desagüe se fue concretando mediante diversos proyectos y obras de infraestructura. No se trata,

entonces, de un solo proyecto o una sola obra, sino de una diversidad de objetos, productos del diseño, entre los que se cuentan proyectos y obras construidas. Estos objetos han sido precedidos por ideas, es decir, una diversidad de planteamientos sobre el desagüe de la cuenca. Algunas de estas ideas han cambiado a lo largo del tiempo y otras tuvieron un carácter más permanente o arraigado en la mentalidad de las personas que se han ocupado del tema.

1.3 El desagüe del Valle de México como tema de investigación en la historia

Los historiadores han abordado el estudio de la Cuenca del Valle de México y al Valle de México¹ desde múltiples perspectivas. Han tratado el asunto del desagüe del Valle con gran atención, estableciendo una periodización que contempla a la etapa colonial, el México independiente durante el siglo XIX, el gobierno del general Porfirio Díaz a finales del XIX y todo el periodo del siglo XX. En las líneas siguientes se presentará un breve resumen de los principales trabajos de investigación desarrollados con un enfoque histórico.

1.3.1 El período colonial

Durante el periodo colonial inician los planes para desaguar al Valle. Así lo demuestran destacadas investigaciones. *El desagüe del Valle de México durante la época novohispana*, de Jorge Gurría Lacroix (1978) es uno de los textos más amplios en su horizonte histórico de análisis. Este trabajo fue preparado para publicarse como parte de la *Memoria histórica del Sistema de Drenaje Profundo*. El período analizado por

¹ Desde una perspectiva histórica, la *Cuenca del Valle de México* y el *Valle de México* representan conceptos distintos. La Cuenca del Valle de México es un concepto más contemporáneo, en el que los factores ambientales, geológicos e hidro-geográficos, como también los sociales, económicos y políticos están interrelacionados. El concepto de Valle de México, más comúnmente usado durante el siglo XIX y parte del XX, nos remite sobre todo a la dimensión territorial más que a la interacción de los factores que constituyen ese territorio. En el trabajo, de modo general, utilizaremos el concepto de Cuenca del Valle de México, sobre todo por su acepción institucional. Utilizaremos el concepto de Valle de México para referirnos al territorio en cuestión al abordar los análisis del siglo XVII y XIX.

Gurría es bastante extenso, pero el autor realiza un recorrido que da cuenta de los eventos, los proyectos y las obras más relevantes para construir una visión de conjunto, en la que la sociedad civil y los actores con participación en el Estado interactúan en torno de la problemática del desagüe. Al finalizar el período colonial la *Máquina del desagüe* era un proyecto no resuelto y un experimento inacabado, oneroso y conflictivo. Pero también, como problema urbano, se avistaba para ser tratado con una perspectiva moderna aplicada en su solución.

Jorge Ignacio Rubio Mañé (1975), en su texto *El virreinato*, aborda, junto a otros temas, las obras de desagüe desarrolladas durante la colonia, logrando integrar un compendio cronológico de la evolución del asunto desde la perspectiva del poder político conferido a los virreyes a lo largo del período colonial. Es en este recuento de Rubio Mañé en donde el problema del desagüe está más claramente planteado como un problema de un Estado en proceso de construcción.

Entre los personajes ineludibles en el recuento histórico, la figura de Enrico Martínez se yergue de modo preponderante. Los trabajos biográficos sobre el personaje son también útiles en la comprensión histórica del tema del desagüe. La biografía preparada por Francisco de la Maza (1943) bajo el título *Enrico Martínez: cosmógrafo e impresor de Nueva España*, es un trabajo esclarecedor de la participación del cosmógrafo real en relación al desagüe. Martínez es un personaje ilustrado en su saber, emprendedor en cuanto a lo económico y hábil en su actuación política. Ya instalado en la capital novohispana asume un compromiso de por vida en cuanto a pensamiento y acción por la ciudad. Durante esta investigación pocas veces nos encontramos con individuos con ese nivel de preocupación frente a los problemas de la urbe. La biografía de Martínez da cuenta de que el problema del desagüe no fue un tema exclusivo en las manos del gobierno virreinal.

Los tres trabajos anteriores constituyen textos clásicos de referencia para el estudio histórico del desagüe. En ellos se conforma una visión del papel del Estado como agente rector del proceso que conduciría a acciones en pos del objetivo del desagüe de la cuenca. Ahora bien, existen trabajos que ensayan planteamientos un tanto diferentes.

Un trabajo de publicación mucho más reciente pero de buena contribución al estudio del desagüe novohispano es el texto de Leonardo Abraham González Morales (2013) titulado *Enrico Martínez y el primer desagüe artificial en la Nueva España: historiografía, teoría, diseño, negociación y construcción del desagüe novohispano*. González Morales contempla el análisis de la concepción, la configuración del proyecto y la ejecución de las obras para el desagüe en Nochistongo. Centrada en el trabajo de Martínez, la investigación es innovadora porque propone una diversidad de enfoques sobre un asunto en el que ha predominado el estudio desde la perspectiva de la historia política.

La inundación que afectó a la Ciudad de México en 1629 fue un acontecimiento que ha sido abordado de manera puntual en diversas publicaciones. El análisis de ese fenómeno es imprescindible para la comprensión de las obras del desagüe, emprendidas años antes del acontecimiento. El texto titulado *La gran inundación: vida y sociedad en México 1629-1638* de Richard Everett Boyer (1975) y la tesis doctoral de Louisa Schell Hoberman (1979) titulada *City planning in spanish colonial government: the response of Mexico city to the problem of the flood, 1607-1637*, constituyen dos textos clave para comprender los efectos de la catástrofe en la vida cotidiana de los habitantes de la ciudad y la naturaleza de las acciones tomadas por las autoridades virreinales en cuanto al tema de las inundaciones en las primeras décadas del siglo XVII. Estas investigaciones dan cuenta de la vulnerabilidad de la Ciudad de México en cuanto a su entorno geográfico, climático e hidrológico, y de la lenta estructuración de una conciencia social sobre la relación de la capital y su contexto físico.

Un trabajo recientemente publicado pero de importancia es el texto de Vera Candiani (2014), titulado *Dreaming of Dryland: environmental transformation in colonial Mexico city*. El trabajo plantea un detallado recorrido histórico por las obras coloniales desarrolladas partir del siglo XVII, con análisis específicos en cuanto a los proyectos y las decisiones que los responsables de su dirección fueron tomando. De particular interés para esta investigación es el extenso análisis que dedica la autora a la etapa constructiva del desagüe dirigida por frailes de diversas órdenes a partir de la década

de 1630 y hasta finales del siglo XVII, sobre todo por los vínculos que establece entre las propuestas para el desagüe y el paradigma científico de aquellos expertos.

Hasta aquí nuestro recuento en cuanto a las investigaciones sobre el periodo colonial, que es un lapso ampliamente estudiado, con resultados que han sentado las bases para la investigación histórica del tema.

1.3.2 El desagüe en siglo XIX

Uno de los trabajos cuyo tema de estudio es el desagüe durante el siglo XIX es la obra de Ernesto Lemoine Villicaña (1978) titulada *El desagüe del Valle de México durante la época independiente*. Este trabajo fue elaborado para publicarse como parte de la *Memoria Histórica del Sistema de Drenaje Profundo*, al igual que el ya referido de Gurría. La investigación da cuenta de los estudios, proyectos, ideas y políticas que a lo largo del siglo XIX culminaron con la ejecución de las obras del Gran Canal del Desagüe y el Túnel de Tequixquiac, con las que el gobierno del general Porfirio Díaz realizó la construcción del desagüe de la cuenca. Lemoine realiza el recorrido histórico por el siglo XIX, aunque su atención se enfoca en el proyecto y obras del desagüe porfiriano. En su trabajo se estructura el argumento de la consolidación del Estado nacional como una condición necesaria para dar solución al desagüe de la cuenca.

Otro trabajo que no se puede ignorar es el texto titulado *El paradigma porfiriano: historia del desagüe del Valle de México* de Manuel Perló Cohen (1999). El trabajo está enfocado al análisis histórico de la ejecución de la obra del desagüe emprendida por el gobierno de Díaz. Entre los múltiples aspectos que constituyen el andamiaje de la reflexión de Perló Cohen hay un aporte de gran valor: el estudio de la relación entre los personajes representantes del Estado con las empresas privadas, sobre todo extranjeras, a las que se encomendó la construcción del canal y del túnel para lograr el desagüe. Aquí aparece el Estado no sólo como un agente rector en abstracto, sino de manera elocuente como una entidad que cobra vida en función del entramado de intereses particulares. Si durante el periodo virreinal las instituciones que conformaron

al Estado colonial evidenciaron sus contradicciones al tratar de dar solución a la problemática de las inundaciones, es el Estado nacional a finales del siglo XIX el que muestra su capacidad plena como agente conductor de un proceso efectivo al respecto. En ese marco, Perló Cohen destaca el papel que tuvo Porfirio Díaz como gobernante y artífice de la ejecución del proyecto del desagüe. El enfoque de Perló sobre la visión y actividad de Díaz sobre el desagüe da un carácter de originalidad a su investigación.

Gerardo Sánchez (2013) en su texto *Precursores del urbanismo en México*, presenta un capítulo dedicado al análisis de las obras para el desalojo del agua así como el suministro para la Ciudad de México al cierre del siglo XIX. El autor analiza los planteamientos realizados por diversos grupos de expertos, como los ingenieros y los médicos, al orientar la necesidad de obras que dieran más higiene a la vida urbana. Sánchez dedica un detallado estudio al proceso en el que los proyectos del desagüe de la cuenca y el drenaje de la Ciudad de México quedaron vinculados, como parte de las obras realizadas al finalizar el siglo XIX y en la primera década del siglo XX.

El texto de Gloria Camacho Pichardo (2007) titulado *Agua y liberalismo: el proyecto estatal de desecación de las lagunas del Alto Lerma 1850-1875*, es un texto que complementa la visión histórica de las intervenciones hidráulicas relacionadas a la región central del país durante el siglo XIX. La autora coloca el acento en la visión estatal para proyectar la gestión de los recursos hídricos en el territorio y realiza una lectura crítica de sus repercusiones sociales en el nivel regional.

El amplio estudio cronológico coordinado por Francisco González de Cosío (1975), titulado *Historia de las obras públicas*, dedica una extensa parte del trabajo a dar cuenta de las obras y acciones de gobierno en cuanto al problema del desagüe, con particular atención en el siglo XIX y principios del XX. En la perspectiva de este trabajo el actor protagónico de las obras en torno al desagüe es el Estado.

Si bien el estudio histórico de la colonia ha atraído a un considerable número de especialistas, el estudio del desagüe durante el siglo XIX no ha sido menos complejo y arduo. Los historiadores que han emprendido esta tarea le han dado continuidad al planteamiento de la acción estatal como fuerza efectiva en la historia de la conformación del desagüe.

1.3.3 El desagüe en el siglo XX

Los estudios específicos dirigidos al siglo pasado son más escasos que los anteriores. Posiblemente uno de los autores que más atención puso al tema del desagüe en el siglo XX, como parte de un trabajo mucho más amplio, fue Jorge Legorreta (2006). Una mención específica merece su texto titulado *El agua y la Ciudad de México: de Tenochtitlán a la megalópolis del siglo XXI*, texto en el que el autor plantea un recorrido en cuanto al uso y drenado del agua en el Valle de México a lo largo de varios siglos, identificando pautas y señalando problemas que van de la gestión del recurso hídrico a los temas sobre la viabilidad de la ciudad hacia el futuro. Legorreta es de los autores más insistentes en cuanto a la identificación de por lo menos dos visiones contrarias en la historia sobre la gestión de los recursos hídricos en la cuenca. Este planteamiento tiene un carácter renovador en la historiografía del tema, al exponer el asunto del desagüe y de la gestión hídrica como un tema político cuyo debate continúa abierto hasta el día de hoy. No obstante, una lectura superficial de esa propuesta podría hacernos caer en el error de suponer la existencia de una visión histórica correcta y otra incorrecta sobre el tema. En realidad, la discusión del tema a lo largo del tiempo se ha distinguido por una mayor complejidad y riqueza de aporte desde los diferentes ángulos de visión que se han presentado.

Enrique Espinosa López (1991) desarrolló su texto *Ciudad de México. Compendio cronológico de su desarrollo urbano, 1521-1980*, cuya lectura es de interés porque considera, entre otros temas, la descripción de varias obras construidas para el drenaje de la ciudad, desde finales del siglo XIX y durante el siglo XX. Este texto constituye una síntesis de obras y acontecimientos, útil para la ubicación temporal de los eventos y para establecer relaciones entre políticas públicas y proyectos.

Un trabajo interesante sobre un momento particular es la tesis de licenciatura de Cecilia Espinosa (2001) titulada *Las inundaciones de 1950-1952 en la Ciudad de México. Análisis y descripción de un desastre anunciado*. Este trabajo aporta una visión

del contexto y de la gestión pública que se mantuvo en práctica durante las inundaciones que afectaron a la capital del país a mediados del siglo. Es un trabajo interesante en tanto que identifica un hito histórico en cuanto a las inundaciones padecidas por la ciudad a la mitad del siglo XX, dejando en evidencia su vulnerabilidad y la dimensión política de esa problemática. El texto de Espinosa sitúa en un momento particular la convergencia de la catástrofe con la insuficiencia de la infraestructura ya construida. La vinculación de esta problemática con su discusión política, desarrollada en diferentes escenarios de la gestión pública y académica, son aportes de la autora para con el tratamiento histórico de la temática.

1.3.4 Reflexión sobre el estado del arte de la investigación histórica

El estudio histórico del tema del desagüe ha sido amplio. No obstante podemos distinguir algunas pautas generales de ese estudio apoyados en la muestra de trabajos hasta aquí referidos.

En primer lugar y como antes señalamos, el periodo colonial ha sido el periodo más estudiado en cuanto al desagüe y con particular atención las obras emprendidas a principios del siglo XVII. En menor medida se ha estudiado el tema con atención al siglo XIX, con especial enfoque a las obras del Gran Canal al final del siglo. Por su parte, el tema en el siglo XX ha sido estudiado con menor amplitud, lo cual se refleja en que hay pocos libros publicados sobre el tema específico. Es importante no pasar por alto que el desagüe comenzó a ser tratado como un problema histórico desde el siglo XVII, pero es hasta el siglo XX cuando se conforma una comunidad de historiadores que dedican un esfuerzo compartido para la investigación de la temática.

En segundo lugar, un aspecto a resaltar es que la atención de los estudios históricos se ha volcado sobre las obras desarrolladas y luego la atención se ha dirigido a los fenómenos, principalmente las catástrofes motivadas por inundaciones. Los dos temas, que deben ser diferenciados, constituyen dos caras de una misma moneda.

Además, de manera paralela se ha dado atención al estudio de los personajes que han desempeñado un papel protagónico sobre el desagüe.

Un aspecto que ha sido estudiado con particular atención es el referido a los gastos e inversiones realizadas para solventar las obras del desagüe en sus diferentes momentos históricos, no sólo como una cuestión relativa a las finanzas, sino por sus implicaciones políticas y sociales.

Otro eje relevante en el análisis histórico es el orientado a comprender el papel del Estado en relación al tema del desagüe, hasta situarlo en un lugar central para explicar las interacciones entre el desagüe y los ámbitos económico, político, social e incluso cultural, dentro del marco de la estructuración del poder político mexicano en los niveles regional y nacional.

Sin negar la trascendencia de los ángulos tradicionales de análisis histórico, en este trabajo se propone un enfoque diferente sobre el desagüe. De modo específico el interés es discutir una hipótesis alternativa que ubica al Estado como el principal actor del proceso histórico en cuestión.

1.4 Otros enfoques históricos: historia ambiental e historia urbana

El estudio histórico del desagüe del Valle de México tiene, además de lo anterior, por lo menos dos vertientes con múltiples entrecruzamientos.

Por una parte, la perspectiva de la historia ambiental, -en la que se concibe a la región como un sistema de gran complejidad-, subraya que la alteración de la cuenca debido a la acción humana configura un objeto de estudio dinámico en acelerado proceso de transformación.

El trabajo de F. Mooser (1975) sobre la historia geológica de la cuenca, titulado “Historia geológica de la Cuenca del Valle de México”, preparado para la *Memoria histórica del Sistema de Drenaje Profundo* así como la compilación de Alejandro Tortolero Villaseñor (1996) titulada *Tierra, agua y bosques: historia y medio ambiente en el México central* ofrecen al lector una perspectiva especial orientada hacia la

comprensión de la evolución geológica y ambiental seguida por el curso natural de transformaciones de la cuenca y luego las provocadas por el proceso de urbanización moderna de la región. Estos trabajos ofrecen una dimensión más amplia al estudio histórico de la Cuenca del Valle de México al dar preeminencia a los factores naturales. Se trata de investigaciones encuadradas en la perspectiva de la historia ambiental que ensayan planteamientos que amplían la mirada sobre la historia de la cuenca.

Por otro lado, el asunto del desagüe ha sido concebido como un tema de historia urbana, principalmente en la obra de Ezequiel Ezcurra (1990) bajo el título de *De las chinampas a la megalópolis* o el trabajo de Gloria Valek Valdés (2000) titulado *Agua: reflejo de un valle en el tiempo*. Estos textos configuran un conjunto de referencia crítica al desarrollo histórico de la urbanización en la Cuenca del Valle de México, con atención especial en la gestión del agua y la hidrología regional. Son dos trabajos que muestran, de manera elocuente, la vinculación de la historia ambiental con la historia urbana y que apuestan por la renovación de los enfoques sobre la historia de la ciudad. Junto con el trabajo de Legorreta, estas investigaciones abren líneas de cuestionamiento al proceso de urbanización en la Cuenca del Valle de México, considerando la interrelación de lo político, lo cultural y lo ambiental.

La relación entre la investigación histórica ambiental y la historia urbana ha fortalecido la comprensión del desagüe como tema histórico y ha permitido el surgimiento de perspectivas innovadoras para su estudio. Una de esas perspectivas busca analizar y comprender los puntos de vista y las concepciones del problema del desagüe sugeridas por los estudiosos del tema en el pasado.

Muchos documentos que funcionan como fuentes de investigación fueron concebidos en el momento de su confección como recuentos historiográficos. De manera innegable, tales documentos, a los que haremos referencia más adelante, son en primera instancia la síntesis de modos de pensar o de sistemas ideológicos para entender la hidrología de la cuenca y modos de sistematizar la comprensión de la interacción de la hidrología regional con la ciudad. Aquellas ideas actúan como filtros por los que debió pasar cualquier concepción de un proyecto o una obra sobre el desagüe. El origen de las ideas es de lo más diverso y estas constituyen la savia que

periódicamente renueva el espíritu de los habitantes del México central para enfrentar e intentar resolver sus problemas.

1.5 El problema de investigación como un tema de historia de las ideas

El presente trabajo se ha guiado principalmente con la perspectiva de la *historia de las ideas*, particularmente de las ideas que tuvieron un carácter científico y que influyeron en la formulación de propuestas y proyectos para el desagüe del Valle de México.

Se denominan *ideas científicas* sobre la Cuenca del Valle de México a aquellos planteamientos que han sido el resultado del proceso sistemático de investigación, análisis y diagnóstico sobre las dinámicas del funcionamiento hidrológico en contextos de urbanización. Estas ideas han dado lugar a argumentaciones lógicas sobre las intervenciones expresadas en el diseño de políticas y la implementación de los proyectos para atender la problemática en torno al desagüe. En esta investigación se considera que la formulación de las ideas científicas demanda la recopilación de información vasta así como la estructuración de sistemas explicativos que dan cuenta de la causalidad de los fenómenos hidrológicos. La mayor parte de los expertos que han dedicado esfuerzo y reflexión al tema han sido ingenieros, pero también han intervenido especialistas de otras disciplinas académicas.

Al respecto de trabajos de investigación desarrollados desde la perspectiva de la historia de las ideas hay que referenciar los textos de dos autores sobre los que se apoya de manera fundamental esta investigación. Por una parte, el artículo de José Sala Catalá (1992) titulado “La localización de la capital de Nueva España como problema científico”. En ese trabajo, Sala Catalá aborda el análisis del pensamiento científico de Enrico Martínez y otros de sus contemporáneos en cuanto a la discusión de la ubicación de la capital novohispana a finales del siglo XVI. El autor expone, de manera amplia, la perspectiva científica que inspiró la visión de Martínez para desarrollar sus argumentos sobre la desafortunada ubicación de la Ciudad de México y

que lo condujo al planteamiento de acciones que modificaran en lo posible las circunstancias que hacían inviable la ubicación de la capital novohispana.

El otro trabajo, muy relevante a comentar, es el artículo de Alain Musset (1996) con el título “De Tláloc a Hipócrates. El agua y la organización del espacio en la Cuenca de México (siglos XVI-XVIII)”. En ese trabajo Musset examina el pensamiento de los colonizadores españoles durante el virreinato en cuanto a la gestión hídrica del Valle de México y descubre una diversidad de enfoques por parte de los peninsulares y criollos, además de que plantea el asunto como un conflicto entre clases sociales. El trabajo de Musset es innovador pues evidencia las relaciones desde la historia de las ideas hacia otros enfoques del proceso histórico, como la historia social.

Los trabajos antes referidos fueron centrales en el planteamiento de la presente investigación, pues tienen un espíritu de renovación en cuanto al tema del agua en el Valle de México y en su relación con el desagüe. Sus autores se cuestionaron sobre los modos de pensar de los expertos y realizaron investigaciones detalladas al respecto para encontrar nuevos ejes de análisis en la estructura histórica de este fenómeno. Colocaron el énfasis en las ideas que han dado pauta a acciones trascendentales en la historia urbana, formulando vínculos con los campos de lo científico, lo social y lo político.

Sobre la perspectiva de la historia de las ideas científicas uno de los especialistas en la historia de la ciencia en México es Elías Trabulse, quien a lo largo de una abundante obra de investigación ha dado cuenta de la historia de la ciencia durante el período colonial. En particular debemos señalar dos trabajos de Trabulse que han sido referencia obligada para la elaboración del presente escrito: *Ciencia y tecnología en el nuevo mundo* (1994) y *Arte y ciencia en la historia de México* (1995). Trabulse ha generado una línea de interpretación de la historia de la ciencia en nuestro país en la que argumenta la existencia de la ciencia desde el período novohispano y su evolución permanente hasta configurarse como ciencia moderna. Esta visión presupone el debate en un nivel más amplio, sostenido por los historiadores de la ciencia, en cuanto a la continuidad o a la falta de continuidad del conocimiento de carácter científico en relación al paso del período premoderno a la modernidad.

Otro autor que ha trabajado con atención a la historia de la ciencia en México fue Eli de Gortari (1963) con su obra titulada *La ciencia en la historia de México*. De Gortari es incisivo en lo que se refiere a la estructuración de la ciencia moderna en el país como un fenómeno propio de una época específica y que ocurre bajo circunstancias contextuales determinadas. En particular, De Gortari pone acento en el estudio del siglo XIX, periodo seminal en cuanto al surgimiento de la ciencia moderna en el país, pero al mismo tiempo contradictorio en cuanto a sus limitaciones por el dominio de la perspectiva positiva de la ciencia. Un elemento que se encuentra presente de manera constante en el análisis de este autor es la relación de desarrollo científico y el proyecto político de nación.

Para el período comprendido por el siglo XX un autor cuyo trabajo ha sido de gran utilidad es Ruy Pérez Tamayo (2005). Su texto titulado *Historia general de la ciencia en México en el siglo XX* es una obra de divulgación con valiosa información sobre el desarrollo científico en el contexto del último siglo. De particular interés es el planteamiento de Pérez Tamayo sobre la estructuración de la ciencia mexicana, no sólo como resultado de la acción estatal al conformar las instituciones que han dado cobijo al desarrollo científico nacional, sino a la acción de la propia comunidad científica nacional como promotora autónoma del impulso a su propio desarrollo. Esta investigación tiene una deuda innegable con el planteamiento de Pérez Tamayo sobre la articulación de la comunidad de expertos en su papel de impulsores del conocimiento científico.

Resulta destacable que los autores dedicados al estudio de las ideas científicas en México posean y desarrollen puntos de vista tan contrastantes entre sí. Sus marcos de interpretación son diversos y sus hipótesis persiguen demostrar aspectos diferentes del papel de la ciencia en la historia nacional. Lo anterior da cuenta de que el enfoque de la historia de las ideas científicas en México se encuentra en una fase inicial de su desarrollo y que los paradigmas de interpretación histórica se encuentran en proceso de construcción.

1.6 Planteamiento del problema de investigación

Como se ha expuesto hasta el momento el tema del desagüe del Valle de México es multidimensional, y ha sido estudiado desde diversas perspectivas. En este sentido, la visión desarrollada por la historia de las ideas nos aporta el análisis y comprensión de un factor estructural en cuanto al desagüe del Valle de México: la interacción de las ideas de los expertos con los proyectos y las obras para alcanzar el objetivo de desalojar el agua a nivel regional. De modo indirecto, ese amplio cuerpo de ideas es la expresión de los modos de pensar la ciudad en cuanto a su viabilidad como proceso de urbanización y en cuanto a su viabilidad en relación con uno de sus riesgos endémicos principales: las inundaciones.

Los planteamientos de *viabilidad de la ciudad* y de *prevención de los riesgos* como problemas históricos en el campo de las ideas nos remiten a una tercera noción: el concepto de *sustentabilidad de la ciudad* como concepto contemporáneo que surge de un proceso histórico. En esta investigación se indaga al respecto a partir de la siguiente pregunta: ¿Qué relaciones se pueden plantear entre los pensamientos científicos de expertos de diferentes épocas del pasado, interesados en el desagüe del Valle de México, con la finalidad de fundamentar la concepción histórica de la sustentabilidad de la capital del país?

Para dar respuesta a esa cuestión se analizarán los planteamientos científicos de diversos expertos sobre los temas del funcionamiento hidrológico de la cuenca, las inundaciones y el desagüe de la misma.

Una interpretación generalizada en el análisis histórico del desagüe señala al Estado como el actor determinante en su planteamiento y ejecución. En este trabajo se ensaya una idea distinta: la sociedad civil, mediante la actuación de un sector ilustrado de la misma, ha sido un actor clave en la estructuración del problema para alcanzar el objetivo de desaguar la cuenca. Esa estructuración del problema ha constituido un proceso histórico y posee un carácter no solamente proyectual, sino científico. La estructuración científica del problema del desagüe ha seguido particulares pautas de desarrollo e incremento de complejidad, en donde un factor destacado y común es la

visión de futuro viable para la ciudad propuesta por los expertos. En ese proceso histórico el Estado ha sido un modulador, es decir, un actor que con su poder ha incidido en el alcance de la aplicación práctica de las ideas sobre la hidrología de la cuenca y su desagüe, pero en mucha menor medida ha influido en la profundidad de comprensión que han alcanzado los expertos sobre los problemas, en diferentes momentos a lo largo del tiempo.

Las ideas que tienen que ver con diseño de infraestructuras urbanas y aquellas que se vinculan con el diagnóstico del funcionamiento hidráulico de la cuenca son dos ejes de trabajo en la historia de las ideas planteado en esta investigación. Así, diseño y ciencia se entrelazan a lo largo del tiempo para estructurar un problema urbano de carácter histórico.

Un antecedente de este enfoque lo tenemos en el trabajo de Cyril Stanley Smith (1980) quien desarrolló un planteamiento sobre casos en los que el desarrollo tecnológico precedió a la comprensión científica de fenómenos relevantes para la sociedad.

El problema de estudio planteado en este trabajo trasciende al periodo colonial. La estructuración del desagüe como un problema científico arrancó en el virreinato pero se prolonga hasta el siglo XX. Desde la perspectiva de las ideas científicas hubo etapas o lapsos caracterizados por un intenso debate en torno de obras y proyectos, cuya materia prima se constituía por la generación de diagnósticos de la problemática y la proposición de nuevas ideas para su solución. En este trabajo se estudian tres periodos con la finalidad de analizar las proposiciones presentadas hasta la mitad del siglo pasado.

En primer lugar se examina el periodo que ocupa los primeros treinta años del siglo XVII, etapa en la que inician los trabajos de la obra del desagüe encabezados por Enrico Martínez y durante los cuales se da un intenso debate en torno de sus concepciones, proyectos y obras. En esos debates se sientan las bases de las discusiones que durante los siguientes siglos impulsarán la comprensión científica del problema.

Más adelante se analiza con particular atención la multiplicidad de ideas, diagnósticos y proyectos surgidos a mediados del siglo XIX y a lo largo del tercer cuarto del mismo. Las ideas y debates de aquel tiempo arrojan luz sobre el intrincado panorama planteado por el problema científico del desagüe un siglo después. Las ideas, descubrimientos y propuestas del siglo XIX constituyen el germen de las obras y debates desarrollados en el siglo XX, cuando se consolida el papel del Estado como entidad rectora de este proceso.

Finalmente, entre los años de 1950 y 1970 se presentan propuestas y visiones fundamentadas en diagnósticos diversos para afrontar el tema de la gestión del agua residual, del desagüe, las inundaciones y el hundimiento de la ciudad. Esos debates son el preámbulo de la mayor intervención que anteriormente se hubiera llevado cabo con la construcción de la primera etapa del Sistema de Drenaje Profundo (SDP). La concepción de este sistema sólo recupera de manera parcial la amplitud y profundidad del debate que le precedió. Ha habido un interés particular en situar al Estado como el actor protagónico del proceso y dejar en un plano secundario las ideas científicas sobre el funcionamiento hidrológico de la región y las ideas científicas aplicadas a las obras de diseño.

Los debates ocurridos en los tres periodos aludidos dan cuenta de los puntos de encuentro y las tensiones entre la sociedad mexicana y el Estado en cuanto a la apropiación e intervención del territorio que ocupa la ciudad capital de la nación.

1.7 Justificación del problema

El tema del desagüe, como problema científico e histórico, posee un carácter de gran actualidad, pues los proyectos y obras que afectan el funcionamiento hidráulico de la cuenca constituyen parte de la agenda del desarrollo urbano de la Ciudad de México y su Zona Metropolitana en el presente. La investigación histórica sobre el tema es una necesidad de cara a la comprensión de problemas contemporáneos.

En esta investigación se cubre un amplio periodo histórico (cuatro siglos) analizando la particularidad de tres sub-periodos de corta duración cada uno, pero significativos en cuanto a sus consecuencias a lo largo del tiempo, sobre todo en cuanto al planteamiento y desarrollo de las ideas científicas. Durante cada sub-periodo histórico se sintetizaron ideas y se formularon proyectos vinculados a la problemática del desagüe y sobre todo quedó clara evidencia del planteamiento de diferentes enfoques sobre la misma.

Las áreas que gravitan sobre el objeto de estudio particular, -es decir la historia de las ideas científicas en cuanto al problema del desagüe del Valle de México-, implican al desarrollo científico nacional, la historia urbana-ambiental y el diseño de infraestructuras adecuadas a las necesidades ciudadinas. En otras palabras, el enfoque de la historia de las ideas permite construir puentes de comunicación con otros enfoques temáticos, que le son necesarios, pero también puede generar aportes para esos otros campos de conocimiento.

La estructura de análisis que se propone en este trabajo se expresa mediante el concepto de debate científico, es decir, la polémica entre diferentes marcos de interpretación de la hidráulica de la cuenca y de su relación con la ciudad por parte de actores concretos, que se han denominado como expertos, quienes mediante diversos documentos dejaron constancia de sus diagnósticos, propuestas y proyectos. Los debates científicos no necesariamente ocurrieron como eventos específicos con la concurrencia de los diferentes actores en pugna. Los debates consistieron en la exposición de las ideas y la paulatina estructuración de temas centrales con los que se profundizó el conocimiento sobre la hidráulica de la Cuenca del Valle de México.

El alcance de esta investigación ha quedado definido, sobre todo, por las fuentes de investigación disponibles para su desarrollo. En la siguiente sección se presenta un recuento de las fuentes de investigación de las que se dispuso para llevar a cabo el trabajo.

1.8 Las fuentes de investigación

1.8.1 Las fuentes primarias o directas

Las fuentes primarias para este trabajo son principalmente documentos localizados en archivos históricos, ubicados en su gran mayoría en la Ciudad de México.

Para el período colonial se consultaron documentos del Archivo General de la Nación, pertenecientes al Fondo Fomento y desagüe del Valle de México. En este archivo se pudo revisar, entre otros documentos, un escrito de Enrico Martínez (1628) en el que rinde informe de los trabajos realizados en la construcción del tajo de Nochistongo. También se tuvo acceso a un documento generado por el arquitecto Fray Andrés San Miguel (1631) en el que expone consideraciones críticas en cuanto a los trabajos encabezados por Martínez y presenta un proyecto de intervenciones para lograr el desagüe del valle. Este par de documentos refieren algunos de los principales aspectos del debate generado por las inundaciones y las obras encabezadas por Martínez para realizar el primer desagüe. Al tratarse de dos documentos escritos por dos personajes involucrados en aquellos procesos se advierte, en ambos discursos, un notable contraste de opiniones, lo cual da pie a pensar en la idea del debate científico sobre el tema.

También en relación con el periodo colonial, se consultó el Fondo del Ayuntamiento de la Ciudad de México, Sección Actas del cabildo paleografiadas, en el Archivo Histórico del Distrito Federal. Al revisar las actas de cabildo comprendidas entre los años de 1614 y 1629 se pudo encontrar abundante información sobre los diagnósticos e ideas proyectuales sostenidas por Enrico Martínez y por Adrian Boot sobre el problema del desagüe frente al cabildo de la Ciudad de México. Particularmente, durante la década de los veinte, el cabildo se convirtió en un escenario para el debate sobre las ideas y diagnósticos de los expertos en cuanto al desagüe. Mediante el seguimiento de las diferentes intervenciones de Martínez y Boot se constataron no solo los aspectos de divergencia entre ellos, sino las pautas de la evolución de sus ideas.

Por otro lado se consultó la información digitalizada en el Fondo México del Archivo General de Indias de Sevilla, en relación a la documentación relativa al desagüe. Ahí se pudo revisar un extenso informe generado por el escribano Alonso Pardo (1608), en el que da cuenta de las acciones y acontecimientos relacionados con las actividades del virrey Luis de Velasco en cuanto a los trabajos del tajo de Nochistongo y otros temas estrechamente vinculados a este último. Se encontraron en aquel archivo una serie de mapas de interés para el desarrollo de la investigación, generados durante las primeras décadas del siglo XVII.

Con los textos que dan cuenta de relaciones formuladas por expertos, la documentación de los debates y posturas expresadas ante el cabildo de la ciudad por parte de especialistas, los escritos que refieren las acciones e intereses gubernamentales y el compendio de documentación visual recabados, se configuró una visión del debate que sostuvieron estudiosos del tema durante las primeras tres décadas del siglo XVII.

Las fuentes directas de las que se dispuso para investigar lo concerniente al siglo XIX se obtuvieron del Fondo Fomento y desagüe del Valle de México, en el Archivo General de la Nación. Ahí se encontró documentación relativa a diagnósticos y sobre todo proyectos relacionados con el propósito de desaguar el Valle de México, presentados por algunos personajes interesados en la temática durante las décadas de los años 1850 y 1860.

La diversidad de ideas presentadas por los expertos muestra que aquel fue un período que se distinguió por la efervescencia de los estudios relacionados con el desagüe, cuyas contribuciones a la comprensión científica del problema se intentará mostrar mediante el análisis de la información recabada. De particular importancia es que durante el siglo XIX los expertos de origen nacional comenzaron a mostrar un interés creciente en la problemática hidrológica del Valle de México y formularon propuestas en las que se hace presente la idea de gestión del agua en el interior de la región. En el periodo que va de 1850 a 1870 el debate se distinguió por la proliferación de diversas ideas y propuestas caracterizadas por la heterogeneidad con la que los expertos abordaron los problemas.

Para el análisis del período de estudio delimitado en el siglo XX las fuentes directas provinieron principalmente de tres archivos. En el Fondo Instituciones gubernamentales, Sección Archivos Presidenciales del Archivo General de la Nación, se localizaron una serie de documentos de propuestas de intervención para la prevención de inundaciones en la Cuenca del Valle de México, planteados por diversos expertos, sobre todo desde la ingeniería.

En el Fondo Consultivo Técnico del Archivo Histórico del Agua se localizaron documentos sobre las disertaciones de expertos ingenieros sobre el tema del desequilibrio hidrológico en la Cuenca del Valle de México, como parte de discusiones organizadas en la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México. De igual modo, en el Archivo Histórico del Distrito Federal se encontró información relevante sobre las discusiones organizadas por aquella Asociación durante la primera mitad del siglo para discutir algunos de los problemas hidrológicos de la cuenca. La Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México tuvo un papel significativo como espacio para la presentación de ideas y propuestas sobre la hidrología de la cuenca y también sirvió como un espacio para el debate sobre los problemas hidrológicos de la cuenca. Antes del siglo XX no se había logrado constituir un espacio de debate académico sobre el tema.

En la Biblioteca del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México se localizó un documento invaluable para la investigación: el *Plan general para resolver los problemas del hundimiento, las inundaciones y el abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México*, publicado en el año de 1954 por la Dirección General de Obras Hidráulicas del Departamento del Distrito Federal. En ese trabajo se presentan diagnósticos de la situación hidrológica de la cuenca y se perfilan las acciones para atender los problemas de abasto y desagüe de la Ciudad de México, bajo una perspectiva integradora y con visión de futuro. Ese documento ha sido una pieza importante en el presente trabajo, pues permitió contrastar la visión y propuestas de diversos expertos con la postura asumida por un grupo de ellos, que gozaba de gran influencia en las instancias de gobierno locales y nacionales al principio de la década de los años cincuenta.

Finalmente, en el Fondo Nabor Carrillo del Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México se encontraron diversos documentos provenientes del archivo personal del Dr. Carrillo en los que se da cuenta de sus investigaciones e intervenciones públicas sobre el tema de la hidráulica en el valle. Se dispuso tanto de productos de la investigación científica como otro tipo de documentos: entrevistas y notas periodísticas que nos permitieron visualizar un compendio de las temas de atención del Dr. Carrillo sobre la ciudad y otros asuntos a los que dedicaba tiempo de investigación.

1.8.2 Fuentes históricas publicadas

En esta investigación se dispuso de un conjunto de fuentes historiográficas que han sido muy útiles para el desarrollo del trabajo y que en buena medida se encuentran ya publicadas. A continuación se señalan las más importantes.

En primer lugar ha sido de gran valor la *Memoria histórica del Sistema de Drenaje Profundo* (1975), amplio documento que a lo largo de sus cuatro tomos aporta valiosa información histórica sobre el problema del desagüe con datos generados por un numeroso grupo de expertos en diferentes especialidades. De este documento destaca el tomo IV, que se compone de un compendio de mapas e imágenes históricas sobre la evolución del tema a lo largo del tiempo.

La *Memoria histórica, técnica y administrativa de las obras del desagüe del Valle de México 1440-1900*, coordinada por Luis González Obregón (1902, reimpresión de 2012) también ha constituido una fuente de información de enorme relevancia, de modo especial lo que tiene que ver con la investigación para el siglo XIX. A su vez, esta Memoria se acompaña de un anexo que compendia una buena cantidad de proyectos generados por expertos desde mediados del siglo XIX, por ejemplo los planteamientos de los ingenieros Smith y De Garay.

Los dos documentos a los que se hizo referencia fueron elaborados con la participación de importantes especialistas. No obstante, se redactaron por encargo en el

marco de las actividades gubernamentales para acompañar la realización de las obras de infraestructura para el desagüe. Ambas Memorias contienen aquello que ha constituido una versión oficial en las historias del desagüe.

Publicado por el Secretaría de Obras Públicas (1976) las *Relaciones sobre el desagüe* dan cuenta de un vasto conjunto de documentos generados a lo largo de cuatro siglos (la colonia y el siglo XIX) por parte de personas vinculadas directamente con el desagüe del Valle de México, cuyas ideas y acciones fueron de profundo calado en la configuración de las propuestas y modificaciones a la hidráulica de la región. Este documento reúne textos centrales para el estudio de las ideas sobre el tema, en tanto que los diferentes autores fueron en su mayoría personajes vinculados directamente con la problemática del desagüe.

Los tres documentos antes referidos comprenden información generada a lo largo de amplios periodos. Son documentos de referencia obligada en el estudio de la temática de esta investigación y se ajustan al enfoque de este trabajo, porque en su mayoría nos dan un acceso directo a las ideas plasmadas por sus autores. En particular, el último texto contiene la expresión directa de varios de los personajes que consideramos expertos, cuyo testimonio da constancia de la diversidad de puntos de vista que el tema tratado ha suscitado durante siglos.

Otros trabajos historiográficos están circunscritos a periodos mucho más específicos. Es el caso de la *Relación universal, legítima y verdadera del sitio en que está fundada la muy noble, insigne y muy leal Ciudad de México, cabeza de la provincia de toda la Nueva España*, de Fernando de Cepeda, publicada en 1637. Se tuvo acceso a la versión reeditada en 1980. Este documento es importante porque se ha constituido en una fuente obligada para la investigación sobre los primeros decenios del siglo XVII en cuanto al desagüe. El documento se configuró como el recuento histórico de los acontecimientos, ideas y acciones emprendidas en torno del problema de las inundaciones que afectaron a la capital novohispana a principios de aquel siglo. Este texto ha sido muy útil en la investigación al contrastarse con los textos escritos por los expertos en el mismo período, pues da cuenta de la imagen que se formuló, dirigida a la autoridad virreinal, sobre el problema de las inundaciones y el sitio escogido para

asentar la Ciudad de México. La comparación arroja luz sobre las preocupaciones de las autoridades del Estado frente a los intereses e ideas sostenidas por los expertos en su momento.

En ese orden de ideas, el texto escrito por Enrico Martínez (1600) *Reportorio de los Tiempos e Historia natural de Nueva España* da cuenta de la visión del cosmógrafo sobre los problemas ambientales e hidrológicos que afectaban a la Ciudad de México a finales del siglo XVI. Para esta investigación se revisó la reedición de 1991. A través de la lectura de este documento se puede indagar en los argumentos y estructura conceptual del pensamiento de Enrico Martínez, lo cual nos ofrece un referente de los antecedentes de su visión y trabajos en la *Máquina del desagüe*.

Dando un salto de varias centurias en el tiempo, el texto de Humboldt (1822, reedición de 2004), titulado *Ensayo político sobre el Reyno de la Nueva España*, presenta un recuento y un análisis ineludible para entender la problemática del desagüe y las inundaciones a comienzos del siglo XIX, en la última etapa del período colonial. En las ideas de Humboldt se expresa una síntesis de los temas que serán discutidos a lo largo del siglo que recién comenzaba para atender la problemática de las inundaciones, el desagüe y el saneamiento de la ciudad.

Para el análisis del período de investigación fechado durante el siglo XIX se dispuso de una abundante colección de materiales historiográficos. La *Carta hidrográfica del Valle de México* y la *Memoria para la carta hidrográfica* (1862, reimpresión de 2014) es un referente del avance en la comprensión científica de la hidrología del valle. Este último documento ha sido central para el análisis histórico de la información generada en torno del desagüe, sobre todo en la segunda mitad de aquel siglo. Es uno de los documentos históricos más logrado en cuanto a su profundidad de análisis y afán científico por generar conocimiento socialmente útil sobre el funcionamiento hidrológico de la cuenca.

Otro texto de aporte fue el libro escrito por el ingeniero Francisco de Garay (1888, reimpresión de 2013) bajo el título de *El Valle de México. Apuntes históricos sobre su hidrografía*. El texto presenta una síntesis de las acciones emprendidas a lo largo de la historia para combatir las inundaciones, así como una amplia y detallada

visión del funcionamiento hidrológico de la cuenca endorreica. Constituye también una síntesis de las ideas defendidas por su autor en términos de los proyectos y obras necesarias en aquella época.

También ha sido útil la revisión del texto publicado por el Ayuntamiento de la Ciudad de México (1897, reimpresión de 2014) con el título de *Documentos relativos al drenaje de la Ciudad de México*, así como el artículo escrito por Roberto Gayol (1925) con el título de "Estudio de la perturbación que en el fondo del Valle de México ha producido el drenaje de las aguas del subsuelo por las obras del desagüe y rectificación de los errores que ha dado lugar una incorrecta interpretación de los hechos observados" en la Revista de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México. Ambos documentos aportan información relevante para entender el problema del drenaje de la Ciudad de México a principios del siglo XX y sus vínculos con problemas como el hundimiento y el desagüe de la cuenca.

En la década de 1960 se publicó un artículo en la Revista Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional por parte de los ingenieros Raúl Ochoa y José Luis Ortiz, titulado "Drenaje de la Ciudad de México, sus problemas y su solución". El trabajo ha sido esclarecedor para realizar una comparación entre las posturas sobre la gestión hidrológica de la cuenca a mediados del siglo XX. En particular y en relación con el *Plan general para resolver los problemas del hundimiento, las inundaciones y el abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México*, el texto de Ochoa y Ortiz muestra una postura contrastante sobre la gestión hídrica de la cuenca a mediados del siglo pasado.

Ha sido de considerable valor el texto publicado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (1969) con el título de *Nabor Carrillo. El hundimiento de la Ciudad de México y el Proyecto Texcoco. Contribución del proyecto Texcoco al VII Congreso Internacional de mecánica de suelos e ingeniería de cimentaciones*. El libro contiene documentos escritos por expertos, entre los que figuran Nabor Carrillo, sobre el problema del hundimiento del suelo y los estudios realizados para justificar el proyecto del Lago de Texcoco a finales de la década de los años sesenta. Una visión distinta a la dominante en la política de gestión hídrica se expresa en el proyecto aludido.

Los textos escritos por Raúl Marsal (1956) acerca del hundimiento del suelo de la ciudad han sido de utilidad para entender la naturaleza del fenómeno y su relación con el funcionamiento hidrológico de la cuenca en las etapas más recientes de nuestro análisis. Entre esos textos se encuentran *Hundimiento de la Ciudad de México* y *Breve descripción del hundimiento de la Ciudad de México*.

El conjunto recabado de fuentes documentales publicadas se articuló con las fuentes directas para configurar un panorama en extenso del pensamiento científico desarrollado por expertos en diferentes momentos de la historia. Este trabajo permitió estructurar la noción de *debate científico*, que le da soporte a los argumentos de esta investigación. La concepción del debate científico como pieza de análisis requirió un proceso metodológico que a continuación se expone.

1.9 El método de investigación

Este trabajo de investigación implicó la identificación y localización de fuentes primarias historiográficas en torno al desagüe, mismas que contienen las ideas desarrolladas por expertos en diferentes periodos. Esta labor de inventario permitió desarrollar un primer acercamiento al tema para delimitarlo y trabajar en cuanto a la periodización adecuada para el estudio.

Como resultado de aquella primera indagatoria se establecieron algunos ejes de análisis de la información que fueron relevantes en el desarrollo posterior del trabajo. Se analizaron aspectos como el papel del Estado, a través de la acción de diferentes instancias y en varios momentos históricos, como agente rector de los procesos que culminaron con obras y proyectos en cuanto al objetivo del desagüe. Se analizó la dimensión económica como factor preponderante en la toma de decisiones sobre el tema a lo largo de la historia. Se identificó a la transformación ambiental de la Cuenca del Valle de México como resultado de las acciones para modificar su funcionamiento hidrológico a lo largo del tiempo. El problema de las inundaciones se comprendió no sólo como un problema ambiental o de carácter técnico, sino como un problema con

repercusiones profundas en la sociedad. En relación a la temática del desagüe se han ido configurando, a lo largo de los siglos, formas de pensar la cuenca como espacio habitable y concepciones sobre la interacción entre las dinámicas urbanas y lo ambiental.

La estructuración de los ejes de análisis motivó una significativa contribución a la formulación de preguntas de investigación. El enfoque de la historia de las ideas apuntaló la integración de los diferentes ejes de análisis en cuanto al problema del desagüe como un tema que ha motivado el desarrollo del conocimiento sobre la cuenca y su funcionamiento hidrológico, así como la manera en que se fue configurando como un crisol para el desarrollo de la ciencia y la tecnología en el país. No es el único caso, pero sí se trata de una problemática que plantea, de modo directo, la configuración de la ciudad como espacio habitable.

Con la formulación de las preguntas de investigación se indagó de manera mucho más profunda las fuentes, con la finalidad de generar argumentos que dieran cuenta de los planteamientos a demostrar.

Las ideas sobre el desagüe se han planteado con diferentes acentos, destacando la diversidad de intereses. En ese marco se encontró que aquellas ideas que diferían de otros planteamientos dieron cuenta de una construcción colectiva del pensamiento en torno del desagüe. De esta manera, la identificación de los debates significativos, en términos de las fuentes de información que los documentaron, se convirtió en una tarea relevante en este proceso metodológico.

Otra etapa que ha sido indispensable en la estructuración de este trabajo lo constituye el análisis contextual, sobre todo orientado a la comprensión de los períodos investigados con respecto al estado del desarrollo científico en el país. Este objetivo se cumplió mediante el desarrollo de investigación bibliográfica. El análisis contextual permite ubicar el debate científico sobre el desagüe en un marco más general de comparación.

Entre los textos considerados para estructurar una visión sobre los contextos científicos durante los períodos analizados, tanto a nivel global como local, debemos mencionar a Trabulse (1994) con el libro titulado *Ciencia y tecnología en el nuevo*

mundo así como a Rojas (1990) con *Introducción a la historia de la ciencia*, Navarro y Ordóñez (2007) cuyo texto analizado fue *Historia de la ciencia*, Dampier (1986) con *Historia de la ciencia y sus relaciones con la filosofía y la religión*, Stephen Mason (1984) con su *Historia de las ciencias*, Corona (2004) cuya obra se titula *La tecnología, siglos XVI al XX*, Derry y Williams (1988) con su *Historia de la tecnología*, y finalmente *Historia de la tecnología y la invención en México* de Ramón Sánchez Flores (1980). La variedad de autores considerados ha sido útil para formular una visión amplia sobre el trasfondo científico que enmarcó los debates sobre el desagüe.

Para una buena parte de los historiadores el pensamiento científico en la Nueva España da muestra de vitalidad desde el siglo XVII. Con los matices propios de cada autor, el pensamiento científico va evolucionando, no sin sobresaltos y estancamientos, hasta alcanzar un carácter más local, cada vez más apoyado en la evidencia de la experiencia y con mayor autonomía para su desarrollo. De la preeminencia del marco teórico tan recurrido por Enrico Martínez se pasa a la validación del proceder metodológico y al dato comprobable que caracteriza la confección de la *Carta Hidrográfica* en la segunda mitad del siglo XIX. De modo posterior en el siglo XX el lenguaje matemático y la física se hacen presentes para dar cuenta del comportamiento de fenómenos como el hundimiento y comienza a perfilarse la estructuración de los problemas hidráulicos de la cuenca como un tema complejo en función de las múltiples articulaciones entre el subsuelo y la superficie, lo social y lo ambiental, el pasado que abunda en transformaciones y el futuro que se impone con grandes retos. Esto no supone un desarrollo lineal, sino un proceso en el que mediante avances y retrocesos se fue estructurando un conocimiento científico de la región que nos ocupa.

Una mención especial merecen tres autores cuya lectura ha sido muy significativa para denotar al pensamiento científico: Koyre (1978) con su obra *Estudios de historia del pensamiento científico*, cuya reflexión sobre la continuidad del pensamiento científico ha marcado una pauta de trabajo en esta investigación; Kuhn (1971) con su clásico *La estructura de las revoluciones científicas*, en particular las nociones de comunidad lingüística y de paradigma científico han sido significativas en la estructuración de nuestro análisis sobre los grupos de expertos en debate; y Popper

(1967), cuyos planteamientos han sido revisados y se ha retomado la noción de *falsabilidad* como un aspecto central en la configuración del conocimiento científico.

También se revisó el texto de Alberto Saladino (2015) titulado *Elementos para una teoría latinoamericana sobre historia de la ciencia*. En ese texto Saladino presenta un recuento de las diferentes perspectivas y enfoques metodológicos seguidos por diversos autores sobre la historia de la ciencia en América Latina. Entre los temas de aporte para esta investigación el autor presenta con claridad el debate entre dos perspectivas diferentes de interpretación de la historia científica: el internalismo y el externalismo, en razón de los aspectos que motivan o explican el cambio y el desarrollo científico. Saladino identifica diferentes orientaciones teóricas en el marco de ese gran debate e identifica sus aportes. En este trabajo se ha dado relevancia a un enfoque internalista al basar buena parte de la argumentación en el debate de los expertos, mismo que ocurre al interior de una comunidad que discute problemáticas que les son propias. No obstante, también se hizo presente en el análisis el enfoque externalista al identificar y analizar el papel de factores externos al debate de los expertos, como los políticos y económicos.

Lo descrito anteriormente constituye la serie de pasos metodológicos más importantes en el desarrollo de la investigación realizada, incluyendo el aporte teórico conceptual recopilado de las lecturas sobre la historia de la ciencia. La síntesis de este trabajo se expresa en el análisis de tres períodos particulares sobre los cuales se estructura una interpretación del papel que ha desempeñado la evolución del pensamiento científico en cuanto al desagüe de la cuenca.

1.10 Elementos teóricos sobre la historia de la ciencia aplicados en esta investigación

1.10.1 Enfoques generales sobre historia de la ciencia

La historia de la ciencia fundamenta su objeto de investigación en los procesos que configuran el cambio en las ideas científicas a lo largo del tiempo. La comprensión de esos procesos significa profundizar nuestro conocimiento sobre el papel de la ciencia en la sociedad y de su interacción con otros ámbitos de la vida como la tecnología, la economía o la política.

Los especialistas han desarrollado diferentes enfoques para la interpretación del proceso histórico de cambio científico. Por lo menos existen tres posturas o perspectivas diferentes con respecto al fenómeno:

- 1) el cambio en las ideas científicas como un proceso de acumulación del conocimiento;
- 2) el cambio en las ideas científicas como un proceso de evolución a partir de un “núcleo básico” de postulados o teorías y
- 3) el enfoque orientado a comprender el papel de los denominados “precursores” de la ciencia, es decir, de personajes cuyo trabajo de investigación definió la pauta del desarrollo futuro de las ideas científicas. Estas tres perspectivas son planteadas por Saldaña (1989).

La idea de que el devenir de las ideas científicas se encuentra pautado por el papel de sus precursores no es muy consistente en términos del enfoque de nuestra investigación. Si bien las ideas generadas en el pasado sobre el desagüe y el funcionamiento hidrológico de la Cuenca del Valle de México tuvieron gran influencia en los expertos que trabajaron sobre ello en etapas posteriores, en realidad lo que ha cambiado con el tiempo es el objeto de estudio en cada etapa. Los “precursores” apuntaron su atención sobre temas relacionados con el desagüe y la hidrología del

valle, pero esos enfoques tuvieron que ser replanteados, e incluso algunos de ellos ignorados en etapas subsecuentes.

No fue el mismo problema el que enfrentó Enrico Martínez a principios del siglo XVII, -con un sistema lacustre de gran extensión y un proceso de urbanización incipiente, en un contexto en el que se debatía la posibilidad de trasladar la ciudad a otro sitio-, en comparación con la problemática sobre la que reflexionaba Nabor Carrillo a mediados del siglo XX, caracterizada por un proceso de urbanización acelerado y desbordado, acompañado de un fenómeno de hundimiento del suelo y con la operación de múltiples sistemas de abastecimiento y desalojo del agua para la ciudad. La opción por un desagüe del valle no fue una decisión científica, sino de naturaleza política. Los fundamentos científicos de tal decisión, aspecto central en esta investigación, variaron de una época a otra.

Los planteamientos de los expertos se validaron en momentos específicos. Desde luego que los aportes de los expertos a la comprensión de la problemática del funcionamiento hidrológico de la cuenca constituyen un saber que parcialmente mantiene validez a lo largo del tiempo. Pero también hay que reconocer que cada etapa trajo consigo su propia complejidad y que su desarrollo en su momento reclamó estructuras de pensamiento particulares.

La idea del proceso histórico del cambio científico como un proceso de acumulación de conocimiento tampoco es la más adecuada. En realidad cada etapa en el debate científico implicó el empleo de marcos conceptuales diversos, diferentes instrumentos de cálculo y medición así como perspectivas diferentes para comprender el funcionamiento hidrológico de la cuenca. No es que el conocimiento anterior fuese desechado en el marco de las discusiones contemporáneas, sino que su validez era cada vez más limitada en tanto se desarrollaba un proceso de transformación ambiental continuo.

En el corto plazo, en el marco de los debates entre los expertos, las ideas científicas se fueron presentando como si se tratara de un proceso de acumulación de datos y planteamientos. No obstante, en el transcurso de los años, ocurrió algo más complejo. Algunas ideas tuvieron vinculación muy evidente con otras ideas de periodos

previos. Otros planteamientos sencillamente fueron el resultado de puntos de vista innovadores, que definieron rupturas con el pasado.

Por ejemplo, podemos rastrear las ideas con un perfil higienista a lo largo del periodo colonial, con particular énfasis en el cierre del siglo XVIII, y luego casi un siglo después otro grupo de expertos mucho más amplio y más documentado esgrimió argumentos similares para promover un cambio en las políticas de gestión hidráulica urbana.

Por otro lado, la concepción del desequilibrio hidrológico es una idea que va a caracterizar a un sector de los expertos en el siglo XX. Podemos identificar ciertos antecedentes de esta concepción durante el periodo colonial, con Alzate, e incluso en el siglo XIX, con las reflexiones de Francisco de Garay. Sin embargo, la manera en que los expertos entienden el desequilibrio hidrológico es un rasgo característico del siglo XX, pues ciertos aspectos descubiertos y explicados en ese siglo fortalecieron el debate y abrieron nuevos temas de reflexión. Es decir, algunos conocimientos quedaron acumulados y su registro tiene relevancia histórica, pero lo que resulta significativo es que el tema del desagüe va generando novedad de manera permanente.

Las ideas científicas sobre el desagüe evolucionaron conforme se generaban conocimientos sobre el funcionamiento hidrológico de la cuenca, pero no sólo a partir de un único núcleo básico, sino sobre los diferentes referentes que se esgrimieron, a veces de manera simultánea. Por ejemplo, el debate en torno de las obras y proyectos de Enrico Martínez generó varios núcleos de pensamiento en cuanto a lo planteado por sus críticos.

En este trabajo se identifica a los protagonistas principales del debate científico en periodos específicos, sobre todo con el objetivo de comprender su discusión en su contexto respectivo. Los propósitos que animaron a los expertos estaban circunscritos a sus momentos particulares y su papel no puede ser visto como de precursores, aunque lo hubiesen pretendido.

La historia de las ideas científicas sobre el desagüe expresa un relevo de argumentos entre los periodos analizados, dada la naturaleza del objeto en cuestión: la hidrología de la cuenca.

La evolución de las ideas científicas no es lineal sino caracterizada por una diversidad de pautas de pensamiento. Por ejemplo, el debate de los expertos en torno de las ideas de Enrico Martínez produjo más de un núcleo del que se podrían desprender otras tantas trayectorias de evolución de las ideas.

La historia de las ideas científicas sobre el desagüe es la historia de la construcción de la noción de la hidrología del valle, de su transformación ambiental y de la perspectiva de cuenca hidrológica, entre otros aspectos de relevancia. No se trata de la historia de los proyectos para el desagüe sino de la relación del conocimiento científico y aquellos proyectos e ideas.

Con Trabulse (1989) podemos afirmar que esta historia da cuenta de una transformación desde una perspectiva organicista, sostenida por los expertos en la Nueva España, hasta una perspectiva mecanicista, más propia de los expertos del siglo XIX. La diferencia radica en que los primeros estaban orientados a visualizar la problemática hidrológica del Valle como un conjunto en el que los cielos, las aguas, los suelos y las personas estaban vinculados, mientras que los segundos, los expertos de la visión mecanicista tenían una perspectiva en la que cada aspecto de la problemática podría ser tratado por separado de los demás. Así, el proyecto del drenaje de la Ciudad y el desagüe directo del valle son proyectos vinculados pero que son tratados como temas independientes en sus respectivos ámbitos. Es el medio físico transformado lo que da cuenta, hasta el siglo XX, de un tratamiento un poco más integral de la cuestión.

1.10.2 El debate sobre continuidad y discontinuidad de los procesos históricos

Una de las discusiones más conocidas sobre la teoría de la historia de las ideas es la de la continuidad o discontinuidad en el pensamiento científico. Al respecto, esta investigación muestra que en el caso del desagüe a lo largo del tiempo se van constituyendo comunidades de expertos cada vez más especializados en diferentes aspectos de la amplia temática y que van generando un lenguaje propio, con una marcada distinción entre los diferentes grupos. Eso sucede de manera enfática en el

siglo XX en cuanto al tema del desequilibrio hidrológico. Existe una apariencia de continuidad, pero el proceso se va definiendo por sus cortes o rupturas entre los diferentes debates que ocurren a lo largo de la historia.

1.10.3 El papel del contexto social sobre la generación del conocimiento científico

Sobre el recuento de los aspectos relevantes en una teoría de la *historia de las ideas* Koyre (1989) propone para su análisis un tema relevante: las condiciones sociales que permiten el desarrollo de las ideas científicas. En relación al tema de esta investigación, es por demás evidente que el desarrollo tecnológico, el proceso de consolidación de la estructura del Estado y la madurez en la conformación de comunidades científicas se estructuran como las condiciones que van a propiciar no sólo el desarrollo de proyectos y obras para atender la amenaza de inundaciones, sino también el desarrollo del conocimiento científico. La reunión en el tiempo de aquellos aspectos que han permitido un avance en la comprensión de la problemática hidrológica y del planteamiento de ideas para resolver el desagüe no ha sido permanente, sino que se ha dado de manera esporádica a lo largo del tiempo. Este es un aspecto clave para comprender por qué no ha habido acumulación de conocimientos o un claro papel de los expertos como precursores de la estructuración del conocimiento en periodos que trasciendan a su propia generación.

Otros temas relevantes relacionados con el contexto social tienen que ver con el papel del pensamiento latinoamericano sobre la historia de la ciencia en esta región como ruptura con las perspectivas eurocentristas (Saldaña, 1989). Es decir, la concepción de la ciencia como un producto europeo en cuanto a sus métodos e instituciones y en consecuencia la suposición de que la ciencia en otros lugares, como América latina, es un fenómeno resultado de su imposición como sistema de pensamiento y en el mejor de los casos como un producto de importación al que se copia en cuanto a sus procesos y técnicas.

El caso de la historia científica del desagüe del valle de México es significativamente elocuente en cuanto a que el proceso de generación de conocimiento científico en esta región no es una emulación de los procesos europeos.

Ciertamente que a principios del siglo XVII los expertos que trataron el tema eran originarios de Europa: Enrico Martínez, Adrian Boot o Andrés de San Miguel, todos provenían del viejo continente y, avecindados en la Nueva España, tomaron el tema en sus manos, porque estuvieron en condiciones circunstanciales de hacerlo o porque su presencia aquí era requerida precisamente para eso. Esa fue, posiblemente, una de las causas del intenso debate suscitado en torno de los proyectos y obras de Enrico Martínez; el que los expertos provenían de lugares y tradiciones distintas en cuanto al problema de las inundaciones y la gestión de las regiones lacustres. Parecería que la visión científica se importó hacia una problemática de carácter local. Sin embargo, al pasar el tiempo el tema se convirtió en un asunto apropiado por los habitantes de la Nueva España. El caso más ejemplar es el de Alzate, originario de Nueva España y autor de una visión original, por su síntesis y su amplitud ambiental y social, sobre el problema del desagüe. No se trata de tomar partido entre una historia eurocentrista o localista, sino por descubrir que el proceso dio cuenta de la tradición europea, por una parte, corriendo al lado de una tradición local de reciente nacimiento, con antecedentes prehispánicos, pero que va a constituirse en la corriente principal, sin negar que abrevó del pensamiento europeo en su origen.

En el siglo XIX el esfuerzo por generar ciencia va ser un proceso dominado por las visiones y estrategias europeas. Sin embargo, el tema del desagüe nuevamente da cuenta de la innovación científica porque mientras que la tendencia europea es hacia la especialización y a la parcelación del conocimiento, el tema del desagüe surge en el siglo XIX como un asunto que reclamaba un tratamiento multidisciplinario.

La discusión sobre los problemas del desagüe a mediados del siglo XX da cuenta del peso que tiene lo local en cuanto a su estructuración como problema científico en manos de instituciones académicas o estatales. El papel del Estado como un agente modulador del proceso de desarrollo científico es un modelo empleado en

regiones que lo incorporaron en etapas posteriores al tiempo en que ese desarrollo comenzó en Europa occidental.

1.10.4 Las ideas científicas sobre el desagüe como programa de investigación

La historia de las ideas científicas sobre el desagüe tiene algunos temas en común entre las diferentes épocas y grupos de expertos que lo abordaron. En esta investigación se han identificado:

- 1) Los fenómenos de la hidrología del valle y sus variaciones a lo largo del tiempo.
- 2) El cálculo y la discusión del método de cálculo de los volúmenes de agua que sería significativo movilizar.
- 3) El análisis del papel de los lagos en cuanto al ámbito económico en el nivel regional y para la ciudad de México.
- 4) La noción del desagüe directo como solución efectiva a la amenaza de inundaciones y sus efectos regionales.

Estos aspectos constituyen una especie de *programa de investigación científica* al modo en que lo propone Lakatos (1974). No obstante no siempre fue el caso de que tal programa fuera asumido de manera integral y clara por los expertos.

La noción de programa de investigación científica es muy útil en este caso para fortalecer una visión teórica que argumente la continuidad histórica del proceso que se analiza. Los aspectos que se encuentran de común en los debates desarrollados por los expertos en diferentes épocas permiten sostener que hay una continuidad histórica más allá de la obvia cuestión del territorio de la cuenca y del objetivo de desaguar el valle. Esas cuestiones, de modo aislado, no alcanzan a caracterizarse como problemas científicos, pero los argumentos que las vinculan entre sí les dan un carácter diferente, sistematizado. Por ejemplo, los métodos y cálculos efectuados para estimar el gasto de agua necesario para proyectar las canalizaciones y túneles requirieron de una racionalización congruente con los objetivos y metodologías de trabajo de la época, de modo que no son arbitrarios.

La continuidad histórica de la que hablamos no estriba en que los métodos de cálculo no variaron. Al contrario, el desarrollo tecnológico permitió instrumentar métodos más precisos y rigurosos con el correr del tiempo. La continuidad se refiere a la conformación del programa desde la etapa colonial y su mantenimiento a lo largo del tiempo. La estructuración de este programa no fue quehacer de un solo experto sino resultado de la discusión desarrollada por los expertos en cuanto a las obras y los proyectos planteados. Fue el debate entre expertos lo que posibilitó la configuración del denominado programa de investigación, que se fue estructurando con el correr del tiempo.

En el siglo XX temas como el hundimiento del suelo o el desequilibrio hidrológico cobran fuerza y se incorporan como novedosos referentes para el desagüe. Con esta ampliación de la conciencia social sobre las múltiples relaciones del desagüe los expertos se ven obligados a formular nuevas preguntas, sobre todo en cuanto a la viabilidad de la gestión hidráulica de la cuenca hacia el futuro. Un nuevo programa de investigación se comienza a configurar, orientado hacia la sustentabilidad, con hondas raíces en el conocimiento previo.

1.10.5 Diversas tradiciones de pensamiento en pugna

El problema de investigación, desde otra perspectiva, muestra discontinuidad histórica. El papel de las que podríamos denominar “tradiciones” en el sentido de Feyerabend (1982) da la pauta para pensar en rupturas en el pensamiento científico sobre el problema del desagüe. Por lo menos se distinguen las siguientes grandes tradiciones de pensamiento sobre la problemática del desagüe y las inundaciones de la ciudad de México:

1. El pensamiento que promovía la desecación lacustre como método de control permanente. Esta idea sólo se desarrolló completamente hasta el siglo XX por parte de algunos expertos y de funcionarios en el Estado mexicano. Es un error

atribuir a Enrico Martínez esta postura, pues la visión del experto fue mucho más amplia y diversa.

2. El pensamiento que promovía la instrumentación de albarradas y mecanismos de control interno en la región lacustre. Esta tradición tenía dos antecedentes: las obras de intervención prehispánica en el lago de México, así como las ideas de algunos expertos occidentales.
3. El pensamiento que promovía una desecación parcial y dirigida a ciertos cuerpos de agua, con una preocupación por los efectos sociales y ambientales resultado de acciones más definitivas. Alzate en el periodo colonial y luego diversos expertos en los siglos XIX y XX ejemplifican esta tradición.

Estas tradiciones han estado presentes en el debate a lo largo del tiempo. En algunos periodos cierta postura fue más dominante y más tarde ocurría su relevo, propiciado por el cambio en los factores ambientales, los intereses de los actores en el Estado o la incorporación de ideas novedosas por parte de los expertos.

1.10.6 Kuhn y Popper como dos polos para la reflexión

¿Qué es lo que le da el carácter de científico al trabajo de los expertos abocados a estudiar el problema del desagüe del Valle de México en los periodos analizados?

En primer lugar, y como resultado de nuestra investigación, se puede afirmar que los expertos formaron parte de un proceso histórico de indagación, acción y reflexión. Este proceso fue derivando en la generación de conocimiento racional sobre la hidrología del territorio y del descubrimiento de relaciones entre urbanización, riesgo y ambiente. Es decir, el proceso histórico ofrece evidencias de un proceso de racionalización y sofisticación en la comprensión del objeto de análisis.

En cada proceso de debate desarrollado entre los expertos surgieron planteamientos que a modo de síntesis expresaron las ideas o tesis a las que coyunturalmente se llegaba. Aquellas ideas no sólo daban motivo a su discusión, sino a su refutación por parte de sus oponentes. En el sentido de Popper (1967) se

desarrollaba en el debate un enfoque de falsacionismo, es decir, la búsqueda de pruebas, la verificación de planteamientos y la generación de propuestas sobre las ideas acerca del desagüe. Esto se pone de manifiesto al revisar las características particulares de cada debate histórico y en ello el papel jugado por cada experto.

En la estructura interna de cada proceso de debate se anidaba el carácter racionalista que orientaba hacia una construcción científica del conocimiento. No nos referimos aquí a la discusión sobre proyectos, sino al debate sobre argumentos que aportaran a la explicación del origen de las inundaciones y los motivos para proponer determinados sistemas de desagüe u otras medidas.

Ahora bien, desde una perspectiva más amplia en el tiempo, los debates representaron momentos críticos. En aquellos periodos se consolidaban nuevas ideas y se dejaban atrás los planteamientos de antecesores y contemporáneos, que no eran congruentes con las ideas más dominantes. En términos de Kuhn (1971), los debates detonaron los procesos para el relevo de visiones paradigmáticas.

Los debates entre los expertos expresaban la crisis de las concepciones y la búsqueda de planteamientos que propiciaran un conocimiento más profundo y efectivo frente a los riesgos hidrológicos.

En consecuencia, los debates entre expertos condujeron a rupturas y replanteamientos de las visiones dominantes, así como a la emergencia de nuevas visiones paradigmáticas que sólo parcialmente recuperaban las ideas prevalecientes en etapas previas.

En esta investigación no se busca una conciliación entre las ideas de Popper y las ideas de Kuhn. Se considera con el segundo, que lejos de continuidad en el caso de las ideas científicas sobre el desagüe, ha prevalecido el cambio, explicado por un proceso complejo de transformación ambiental y urbana, pero que esta transformación no ha restado su valor científico intrínseco al esfuerzo de los expertos para generar los argumentos lógicos que dieran base a los proyectos e ideas para las infraestructuras pertinentes en cada momento.

En síntesis, en este trabajo se tienen las siguientes premisas teóricas:

- 1) Las ideas científicas sobre el desagüe han evolucionado a lo largo de la historia, no a partir de uno, sino de varios núcleos de pensamiento o tradiciones.
- 2) La historia de las ideas científicas sobre el desagüe manifiesta pautas de discontinuidad en aspectos como el remplazo de visiones dominantes, en el marco de un gran proceso de continuidad sobre el objetivo del desagüe general del valle. Ha cambiado el modo de pensar y las ideas científicas sobre el desagüe, pero el objetivo del desagüe, como tal, se sostuvo entre los siglos XVII y XX.
- 3) Las ideas científicas sobre el desagüe constituyen un referente de la construcción del conocimiento científico con un carácter local, con pautas particulares y regionales.
- 4) Frente al paradigma dominante del desagüe del valle es posible rastrear, históricamente, la emergencia de un paradigma de sustentabilidad ambiental.

1.11 El alcance de la investigación: el objeto de estudio y su relación con los problemas urbanos

La historia de los problemas urbanos, en este caso la historia de la problemática urbana en la Cuenca del Valle de México, constituye un tema de investigación pertinente para abordarlo desde la perspectiva del diseño.

En este trabajo se analizan las ideas científicas que afectaron o incidieron en el diseño de sistemas de objetos (los sistemas de desagüe o las infraestructuras dedicadas a la gestión y prevención de situaciones de emergencia) así como las ideas científicas sobre la relación de esos objetos con su entorno urbano y natural.

Esas ideas se enfocan sobre diferentes niveles de nuestro objeto de estudio: el diagnóstico de las condiciones físicas en la cuenca, las propuestas de intervención mediante el desarrollo de infraestructuras, la modificación de la obra construida e incluso la crítica de ciertos expertos a los enfoques desarrollados por otros expertos.

En particular se ha decidido analizar las ideas sobre diagnósticos de la cuenca antes que las ideas sobre los objetos diseñados con razón de las siguientes consideraciones:

- Las ideas sobre el diagnóstico del funcionamiento hidrológico de la cuenca han sido indispensables para el planteamiento de los proyectos de desarrollo de infraestructura.
- Las ideas que permiten configurar los proyectos de diseño deben ser generadas a partir de un conocimiento de experto sobre el tema, pero ese conocimiento no necesariamente es un conocimiento científico. Puede tratarse de un conocimiento empírico sobre un caso particular o bien de la aplicación tecnológica del saber. De tal manera, las ideas implicadas directamente en la formulación de proyectos constituyen una mezcla de diferentes tipos de conocimiento.
- Si bien puede plantearse algo similar con la formulación de diagnósticos, en este caso el proceso metodológico para generarlos perfila su carácter científico, en función de que se realicen de manera sistemática y rigurosa.

En resumen, la decisión de enfocar el esfuerzo de investigación sobre las ideas científicas se tomó en consideración de tres criterios: su construcción lógica, su delimitación y su carácter sistemático.

Al comenzar el análisis de las fuentes de investigación se tuvo una intención de centrar la atención en la concepción de las infraestructuras diseñadas. Luego se percibió que la concepción de los proyectos ha estado muy relacionada con la manera de entender la urbanización y el funcionamiento de la cuenca misma. Por esta razón se le dio más importancia a la concepción científica del funcionamiento de la cuenca en la estructuración histórica del pensamiento en torno del problema del desagüe.

Las intervenciones para el desarrollo de infraestructuras de desagüe a lo largo de cuatro siglos fueron modificando el funcionamiento hidrológico de la cuenca misma. Es decir, desde un momento temprano en el período analizado en esta investigación se hizo notar que el diagnóstico del funcionamiento de la cuenca implicaba, de manera tácita, las alteraciones generadas por la intervención humana en el medio natural.

De modo tal, ya desde finales de la colonia y durante los siglos XIX y XX, el diagnóstico del funcionamiento hidrológico de la cuenca por parte de los expertos no podría quedar desligado del análisis de los efectos provocados por las intervenciones

previas en relación al desagüe y otras infraestructuras. Esa misma situación fue motivo del planteamiento de diversos enigmas, es decir, fenómenos cuya explicación no se encontraba por parte de los expertos. De tal modo, distinguir del diagnóstico del funcionamiento hidrológico natural de la cuenca los efectos generados por la infraestructura es sólo un recurso teórico para generar un esquema útil en la interpretación del asunto, que permita dilucidar las características de las visiones de los expertos.

A partir de lo anterior se puede preguntar ¿es el tema del desagüe un solo objeto de estudio desde una perspectiva histórica? Es posible que, desde casi cualquier perspectiva, hablar del desagüe a lo largo de la historia significa hablar de diferentes objetos (tanto objetos físicos como objetos de estudio). En definitiva, en cuanto a la perspectiva de la historia de las ideas, los diagnósticos de los expertos no se referían al mismo objeto y contexto si realizaban una comparación entre épocas. Investigar el funcionamiento hidrológico de la cuenca y desarrollar propuestas para el desagüe significó referirse a fenómenos y problemas distintos a lo largo del tiempo. En realidad, un nombre apropiado del objeto de estudio sería una *revisión histórica de las ideas sobre los desagües de la cuenca, cambiante en diferentes momentos del pasado*.

Los distintos diagnósticos sobre la problemática hidrológica fueron en realidad interpretaciones de fenómenos dinámicos. Aspecto relevante es que no pocos expertos apoyaron sus observaciones sobre el trabajo de otros estudiosos que en épocas previas hicieron algún planteamiento o llevaron a cabo alguna obra. Ese proceso de retomar las ideas previas fue constituyendo la noción del desagüe como asunto histórico, pero también fue dificultando las posibilidades de comprensión científica del problema del desagüe y del funcionamiento hidrológico de la cuenca en tanto que la causalidad de los fenómenos no podía establecerse sin el diagnóstico de las interrelaciones entre obra artificial y funcionamiento natural de la cuenca.

La dificultad estriba en que una vez que entraban en operación los mecanismos del desagüe, los diagnósticos posteriores se tuvieron que hacer sobre la base de las consecuencias de la operación de las infraestructuras que paulatinamente desarticulaban las condiciones hidrológicas previas a las intervenciones. Una parte de

las condiciones naturales tendría mayor estabilidad como el clima o el régimen pluvial, pero esto como dato sería insuficiente, considerando las condiciones cambiantes a nivel de superficie (el movimiento del nivel del suelo, por ejemplo) y la afectación generada por el proceso de urbanización.

De lo anterior se desprende la dificultad para configurar el perfil científico del trabajo de los expertos considerándolo como algo permanente a lo largo de las épocas en el tiempo, lo cual nos lleva a pensar en un fenómeno de *discontinuidad histórica* en el proceso de construcción del pensamiento científico sobre el desagüe de la cuenca.

Esta discontinuidad se reconoce en los siguientes argumentos:

- 1) las alteraciones permanentes del funcionamiento hidrológico de la cuenca a lo largo del tiempo, motivadas por la intervención humana,
- 2) la articulación y rearticulación de una diversidad de concepciones sobre la relación ciudad-entorno natural a lo largo de la historia en el pensamiento de los expertos y de las autoridades y
- 3) las características específicas de las problemáticas de diseño en cada etapa particular.

Reconociendo lo anterior queda decir que la noción contemporánea de *sustentabilidad* del proyecto urbano en la Cuenca del Valle de México se propone como una metacategoría de análisis histórico, en tanto que no ha sido mencionada por los expertos como un objetivo explícito de sus propuestas. No obstante, aquí sugerimos que esa categoría puede ayudar a plantear un hilo conductor a través de la historia para comprender las repercusiones del debate científico sobre el desagüe. No se trata de ver qué postura era sustentable y cuál no lo era. Lo que se pretende mostrar es que el debate científico, o la diversidad de ideas sobre la cuenca, es lo que ha aportado la base para pensar la viabilidad futura de la interacción del proceso de urbanización con su entorno físico.

El estudio de la historia de las ideas, que han surgido en relación al desarrollo de infraestructuras que sustentan la urbanización, constituye un campo de trabajo que busca trascender al enfoque de la historia urbana centrada en los objetos, para exaltar el hecho de que son las personas quienes, en sus procesos sociales, conforman la

ciudad y que con base en sus decisiones se abren y cierran puertas para el devenir de lo urbano.

Capítulo 2. Una revisión de la cartografía como referente científico

La visión de los expertos ha dejado un registro de gran expresividad en la cartografía generada con relación al desagüe. Estos documentos dan cuenta de la diversidad de visiones esgrimidas a lo largo de la historia en cuanto a las inundaciones, así como a los proyectos y las obras para el desagüe. A su vez, la cartografía refleja la evolución del nivel de conocimiento sobre el territorio y los diferentes énfasis que motivan su investigación a lo largo del tiempo.

El presente capítulo expone, en tres secciones, una selección de documentos cartográficos correspondientes a los siglos XVII, XVIII, XIX y XX sobre el Valle de México. El objetivo es evidenciar que estas representaciones gráficas del territorio constituyen un expediente de la construcción del conocimiento científico sobre la hidrología de la Cuenca del Valle de México, y también una expresión de la relación del diseño de las infraestructuras con la generación de ese conocimiento.

2.1 La cartografía colonial

Se comenzará por comentar el mapa titulado *Descripción de la Comarca de México y Obra del desagüe de la Laguna*, cuya elaboración se atribuye a Enrico Martínez en 1607. El mapa describe el proyecto del desagüe que sería instrumentado en las cercanías del lago de Zumpango (ver ilustración 4).

Este mapa muestra, principalmente, la hidrología del valle de México. Se presenta con detalle la extensión de los lagos y las corrientes fluviales. Muestra cómo las fuentes que alimentan a los lagos son los ríos que nacen en las laderas de los cerros que delimitan la cuenca.

También se presentan las obras de infraestructura para la regulación mediante las calzadas en los lagos de Zumpango, San Cristóbal y Mexicalcingo en Chalco.

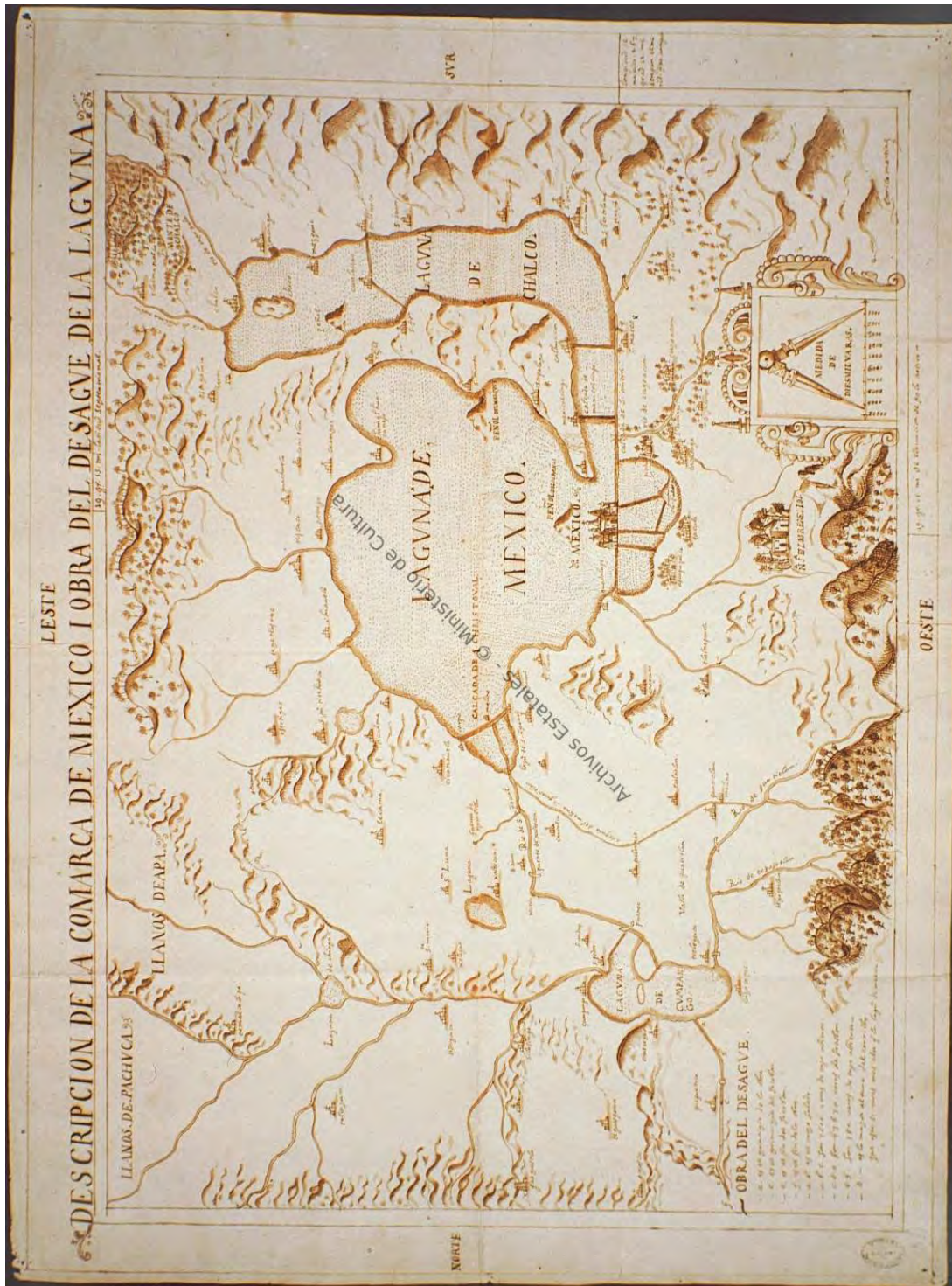
El autor secciona en seis partes las obras de la “Máquina del desagüe”, desde el principio de la caja abierta hasta el final del socavón, así como una relación de la distancia que recorre cada sección.

Con este mapa, Martínez muestra que la respuesta a la problemática de las inundaciones se encontraría al resolver la gestión hidrológica en el norte del valle. Sin embargo, por la ubicación y el peso visual que da a su propio proyecto de desagüe se entiende que concibe esta solución como una etapa parcial.

El mapa de Martínez sobresale en la cartografía colonial en cuanto al tema por su precisión y énfasis en las relaciones planteadas por la hidrología regional. Lo urbano aparece sólo como una referencia sin mayores detalles. El mapa es una muestra del buen nivel de conocimiento de Martínez sobre el funcionamiento hidrológico regional.

El mapa da cuenta de los propósitos proyectuales y tiene sobre todo un carácter informativo. Posiblemente fue elaborado con la finalidad de apoyar la comprensión de las ideas sobre el desagüe en la corte española. El énfasis de la región lacustre en relación a la ciudad presenta una situación de gran vulnerabilidad para esta última.

Ilustración 4. Descripción de la Comarca de México y Obra del desagüe de la Laguna.



Fuente: Archivo General de Indias, Sevilla, Fondo México, Mapoteca. Número 54

El mapa que a continuación se muestra está datado en el año de 1612, de acuerdo con el Archivo General de Indias en Sevilla. González Obregón se lo atribuye a Adrian Boot. Se sabe que Boot arribó a la Nueva España hasta el año de 1614. El documento titulado *Mapa del diseño de la Ciudad de México y del Virreinato de Nueva España desde el Mar del Norte al del Sur, para instrucción del desagüe de la Laguna de México* constituye una primera aproximación a la tarea encomendada a Boot, en relación a su asesoría requerida para conseguir el desagüe del Valle de México (ver ilustración 5).

El mapa expresa algunas ideas generales sobre la disposición de la Ciudad de México en la región lacustre, pero también expresa imprecisiones significativas como las dimensiones del lago ubicado al sur del valle de México. Además este lago aparece fuera del valle. Si esta imagen representa los lagos de Chalco y Xochimilco hay un error geográfico sobre su ubicación y dimensiones en relación al lago de México.

Otro aspecto significativo es que los lagos de norte del valle no están representados. Su presencia sería importante en la medida en que esos lagos jugaban entonces un papel determinante en cuanto a la amenaza de inundación para la ciudad.

El Río Pánuco se encuentra representado con gran cercanía al Valle de México. Se considera que su representación responde al objetivo de mostrar la viabilidad del desagüe del valle. La proximidad del Río Pánuco manifiesta esa posibilidad, sobre la que Boot tendría que asesorar una vez que arribara a estas tierras.

El mapa en cuestión es un documento que muestra la síntesis de lo que se entendía en la corte española sobre la problemática de la presencia lacustre en las inmediaciones de la capital novohispana a principios del siglo XVII y de una posible solución mediante el desagüe hacia el Mar del norte.

Este mapa es muy significativo porque una vez que Boot arribó a la Nueva España y conoció las obras de Enrico Martínez, así como la situación de la ciudad con respecto a los cuerpos lacustres, su punto de vista se orientó de manera radical en otra dirección. No fue partidario del desagüe del valle y en su lugar propuso instrumentar mecanismos físicos de gestión interna para regular el crecimiento del nivel del agua y

establecer infraestructuras que alentaran tanto la movilidad como el comercio. Es decir, el experto enviado desde el viejo continente desarrolló un diagnóstico diferente de aquel orientado por el conocimiento referido desde la Nueva España que buscaba apoyo para lograr el desagüe.

El diagnóstico desarrollado por Boot lo llevó a una concepción diferente de aquella que le dio fundamento a su presencia en la Nueva España. El mapa referido presenta información alejada de la realidad y no es difícil entender el cambio en la opinión de Boot una vez que fue testigo de las circunstancias de la relación de la ciudad con el medio lacustre. De este modo el mapa ofrece una doble lectura. Por una parte, la visión simplificada que se tenía en la corte española del problema de las inundaciones que afectaban a la Ciudad de México y por otro lado, constituye un documento que expresa parte del proceso evolutivo del pensamiento de uno de los principales expertos involucrados en la problemática del desagüe.

La opinión contraria al desagüe que Boot desarrolló en la Nueva España no estaba aislada. Había autoridades y expertos que cuestionaban las obras y visión de Enrico Martínez.

Un ejemplo de la visión que buscaba conciliar la presencia urbana con la región lacustre lo tenemos en la perspectiva área de Juan Gómez de Transmonte de 1628, *Forma y levantado de la Ciudad de México*. Esta representación aporta información abundante, precisa y detallada. En primer plano se aprecia la Ciudad de México y al fondo y en su derredor los cuerpos agua, principalmente el lago de México (ver ilustración 6).

En la frontera de la ciudad se observa una albarrada por el lado oriente. También se puede ver, desde la parte inferior hacia la ciudad, tanto las infraestructuras para el transporte que la comunicaban con el poniente del valle, así como las infraestructuras de abasto de agua.

La perspectiva de Transmonte expresa la aspiración a una convivencia equilibrada entre lagos y ciudad. Se trata de un deseo antes que una realidad. A lo largo de la década de 1620 la amenaza de inundación fue permanente y las diferencias entre los expertos sobre la eficacia de las obras de Enrico Martínez se fueron acentuando.

Ahora bien, el objetivo de Transmonte no era mostrar el dominio de la ciudad sobre la región en la que está asentada. De acuerdo con Roberto L. Mayer (2005) la copia del mapa de Transmonte que se conserva en Florencia señala que las casas de los indígenas se encontraban anegadas. Es decir, el autor reconocía que la convivencia entre los lagos y la ciudad no era amable y quienes más lo resentían eran los habitantes más pobres. Es posible que Transmonte se refiriera a Tlatelolco, ciudad ubicada al norte de la ciudad de México. De este modo, la perspectiva da cuenta de una situación compleja para la capital novohispana, que invita a entenderla más allá de las primeras apariencias.

Anterior a la perspectiva de Trasmonte, el mapa elaborado por Diego de Zisneros en 1618, con el título *Descripción de México, de su comarca y lagunas*, presenta una visión global de lo que acontecía en la segunda década del siglo XVII en el Valle de México (ver ilustración 7). El lago de México se encuentra conectado directamente con el de San Cristóbal, y sólo los separa la calzada construida con esa finalidad. Por el poniente la capital ésta conectada directamente a tierra aunque existe la presencia de pequeños cuerpos de agua en la región. Diego de Zisneros era médico y alentó el enfoque higienista al documentar la presencia lacustre en las inmediaciones de la ciudad.

En este trabajo llama la atención la importancia que se le asigna visualmente a las calzadas que funcionan como diques de control del crecimiento de las aguas, tanto al norte como al sur de la Ciudad de México.

El mapa muestra el dominio territorial de la zona lacustre así como los principales asentamientos humanos en la región, además de la Ciudad de México. Sobre los poblados que circundan a la ciudad hay imprecisión geográfica sobre su ubicación. Zisneros no hace referencia a las obras del desagüe de Enrico Martínez, aspecto significativo pues la Máquina del desagüe era uno de los mecanismos principales para la regulación lacustre en el valle y una de las principales inversiones desarrolladas en aquella época. De Zisneros no era partidario de las ideas de Martínez y criticó las ideas de este último expuestas en su *Reportorio de los tiempos*.

El mapa de Zisneros enfatiza la presencia de los lagos, pues su autor posiblemente estaba más interesado en mostrar los efectos que las aguas pueden originar en la salud. Aunque señala la presencia de los ríos, no los muestra con detalle. La representación no expone detalle y más bien busca dar cuenta de una manera global sobre la situación de la ciudad con respecto al medio lacustre. Muestra a una capital que está a punto de ser aplastada por el lago y omite hacer referencia a las obras de contención y de desagüe.

Ilustración 7: Mapa de Descripción de México, de su comarca y sus lagunas, Diego de Zisneros, 1618.



Fuente: Memoria del Sistema de Drenaje Profundo. México (1976).

A continuación toca el turno a la representación de la inundación de 1629, con un mapa de autor anónimo (ver ilustración 8). En esta imagen se observa la ciudad anegada en una imagen que ilustra los efectos del fenómeno. Las infraestructuras existentes, como las albardas ubicadas al oriente, resultaron insuficientes para impedir que las aguas invadieran la ciudad, causando graves perjuicios y consecuencias que se prolongaron durante años. La masa de agua en los lagos se presenta como un cuerpo casi continuo, sólo interrumpido por las barreras de contención. De este modo se hace énfasis en los factores naturales que precedieron a la catástrofe. El origen de esta inundación es más complejo.

En gran medida el acontecimiento de la inundación influyó para fortalecer la idea del desagüe directo como la solución más viable y definitiva ante la constante amenaza de desastre. Sin embargo, tal objetivo no pudo concretarse en el periodo colonial.

La imagen en cuestión no presenta una relación conciliatoria entre los medios lacustre y urbano. En ella se muestra el poderío del agua a nivel regional y los límites impuestos al crecimiento de la capital novohispana. Refiere de manera parcial las relaciones entre urbanización y región lacustre, ya que las condiciones que condujeron a la inundación no se pueden atribuir sólo a factores naturales, aspecto que se comentará en el siguiente capítulo.

Bajo la ciudad se puede leer “Arrabales perdidos” dando cuenta de que los sectores sociales más pobres, compuestos fundamentalmente por indígenas, fueron los más afectados por la inundación en virtud la precariedad de sus viviendas y de que esos barrios se encontraban en la situación más vulnerable ante el crecimiento de los lagos.

[illegible]

76

La siguiente imagen muestra el plano confeccionado por Lagarto en 1637, para ilustrar la obra titulada *Relación universal, legítima y verdadera del sitio en que está fundada la muy noble, insigne y muy leal Ciudad de México, cabeza de la provincia de toda la Nueva España*. Esta obra sintetiza los documentos y saberes conservados a lo largo de las primeras tres décadas del siglo XVII sobre el desagüe (ver ilustración 9).

El mapa muestra de manera poco detallada pero muy elocuente la presencia lacustre en el valle, así como los principales ríos y elevaciones orográficas de la región. Constituye una síntesis de la conformación física del valle y hace cierto énfasis en los asentamientos humanos. También se advierte la presencia de las obras encabezadas por E. Martínez. Este es un aspecto a destacar ya que, como hemos visto, otros autores tenían una tendencia a omitir en sus representaciones estos trabajos.

El mapa no presenta detalle ni precisión, pero intenta mostrar una visión sintética en la que se hace presente todo lo significativo: hidrografía, orografía, poblaciones e infraestructuras de control lacustre. Visto así, se entiende esta representación formando parte de la *Relación universal*, compendio histórico que puso al día en términos documentales la información sobre la problemática de las inundaciones y de las obras y proyectos desarrollados para enfrentar aquella situación en las primeras décadas del siglo XVII. Es decir, el mapa apoya al lector de la *Relación*, en términos de brindarle información complementaria en referencia al territorio y sus características principales.

[illegible]

78

Las representaciones de las primeras décadas del siglo XVII muestran la presencia lacustre como el principal rasgo físico y distintivo a nivel regional. Las obras emprendidas durante ese período definen una etapa en la que se va a desarrollar una profunda transformación ambiental en la región.

Dando un salto en el tiempo se comentarán dos representaciones generadas en la parte final de la etapa novohispana. La primera es un mapa de José Antonio Alzate, personaje cuya trascendencia en la historia científica mexicana es innegable. Entre los múltiples temas que lo ocuparon figura el asunto del desagüe.

La imagen a continuación muestra el mapa del valle de México de Alzate (1786) titulado *Mapa de las aguas que por el círculo de 90 leguas vierten a la laguna de Tescuco y la extensión que esta y la de Chalco tienen, sacado del que el siglo pasado deligneo D. Carlos de Sigüenza* (ver ilustración 10).

El autor es muy detallado al mostrar las infraestructuras de control hidrológico existentes al momento en que realiza su representación. Podemos apreciar las obras del desagüe de Nochistongo, tanto en su parte de tajo abierto como en su parte que designa Real desagüe. A su vez, tanto en los lagos de Zumpango como de San Cristóbal se muestran las calzadas construidas como diques. También se representan las calzadas en el lago de Chalco y al este de la Ciudad de México la albarrada de San Lázaro. Al oeste de la ciudad se perfilan los caminos que comunicaban a la capital con distintos sitios.

Es interesante hacer notar que no se hace distinción entre el lago de Texcoco y el de México. Se esboza como un sólo cuerpo de agua al que denomina "Laguna de Tescuco". También se muestran los ríos que recorren el valle desde el este y el oeste para desaguar en la zona lacustre, así como la gran cantidad de asentamientos humanos que para el fin del siglo XVIII existían en la región.

Uno de los aspectos más importantes es que Alzate no ahorra recursos para mostrar la presencia de montes en todo el valle, cosa que vincula con la hidrología y que ya anuncia una noción temprana de los conceptos de cuenca y microcuenca.

A través de su mapa, Alzate logra una síntesis del conocimiento reunido sobre la interacción del agua con el territorio, de la geografía humana y de la topografía regional,

para lograr la visión de un todo integrado ecológicamente. Sobre este aspecto se profundizará más adelante. La visión de Alzate muestra una mayor información y un nivel de comprensión diferente al mostrado con anterioridad. Aun conserva la expresión sintética presentada en la mayoría de los mapas previos, pero aquí la integración de los aspectos que conforman al Valle de México como una totalidad juegan un papel más activo.

Ilustración 10: Mapa de las aguas que por el círculo de 90 leguas vierten a la laguna de Tescuco y la extensión que esta y la de Chalco tienen, sacado del que el siglo pasado deligneo D. Carlos de Sigüenza, 1786.



Fuente: Apenes. O. (1984). *Mapas antiguos del Valle de México*. México.

La segunda representación de la época es el plano titulado *Plano Geométrico de la Imperial, Noble y Leal Ciudad de México, teniendo por extremo la Zanja y Garitas del Resguardo de la Real Aduana, Sacado de orden del Señor Don Francisco Leandro de Viana, Conde de Tepa, Oydor que fue de la Real Audiencia de México, y hoi del Consejo y Cámara de Indias; Por Don Ignacio de Castera, año de 1776* (ver ilustración 11).

Lo que muestra el plano es una representación de la Ciudad de México en la última cuarta parte del siglo XVIII, con detalle de sus principales edificaciones y sitios. En la parte norte de la ciudad (lado derecho del mapa) se muestra delimitado el perímetro de la ciudad por una zanja, que sólo aparece de manera parcial.

Se trata de un proyecto de Castera para establecer una barrera para las aguas lacustres. Es de particular interés hacer notar que en la visión de Castera, ciudad y región lacustre tendrían que convivir demarcando con claridad sus respectivos territorios. La historia posterior muestra que el proceso de urbanización sería posible a costa de la expulsión del agua.

La técnica de representación es notoria y contrasta con la técnica en los mapas anteriores. Hay precisión del más mínimo detalle en la traza urbana. No hay presencia lacustre y lo que se muestra es la propuesta de infraestructura que ofrecerá mayor seguridad a la ciudad. Este mapa muestra un contraste con todos los anteriores, pues aquí lo principal y casi único es la representación de lo urbano y artificial. De este modo, la visión de Castera expresa una perspectiva nueva en la representación del proyecto urbano, mucho más moderna.

Ilustración 11: Mapa de Ignacio Castera, 1776, Plano geométrico de la imperial, noble y leal Ciudad de México, teniendo por extremo la zanxa y garitas del resguardo de la Real Aduana.



Fuente: Memoria del Sistema de Drenaje Profundo (1976).

La selección que se ha realizado de la cartografía novohispana no pretende ser exhaustiva y busca respaldar el análisis que se presentará en el siguiente capítulo, en el que nuestra atención se enfocará a los primeros treinta años del siglo XVII.

La cartografía de ese periodo muestra el carácter que alcanzó el análisis de los problemas hidrológicos y urbanos durante los primeros años del siglo XVII como un tema no sólo político o como un problema de diseño de infraestructura, sino también como un problema del conocimiento. Esta manera de abordarlo será definitiva para la historia posterior.

2.2 Una muestra de la cartografía en el siglo XIX

Sobre el siglo XIX hemos seleccionado una pequeña pero significativa colección, integrada por cuatro mapas confeccionados alrededor de la mitad de aquel periodo, que corresponde al lapso que investigamos con particular atención.

Estos documentos fueron elaborados por expertos y tienen como rasgo común el que abordan la temática del desagüe del Valle de México en relación con la hidrografía regional.

En primer lugar referiremos el mapa elaborado por dos ingenieros topógrafos norteamericanos, M. L. Smith y E.L.V. Hardcastle. El documento titulado “Plano de una parte del valle de México” presenta dos secciones. En la sección superior se muestra un corte longitudinal del perfil de la región lacustre, desde el lago de Texcoco hasta el tajo de Nochistongo. La finalidad de esta parte es mostrar el cambio de altitud a lo largo de la región y evidenciar la factibilidad de un desagüe directo.

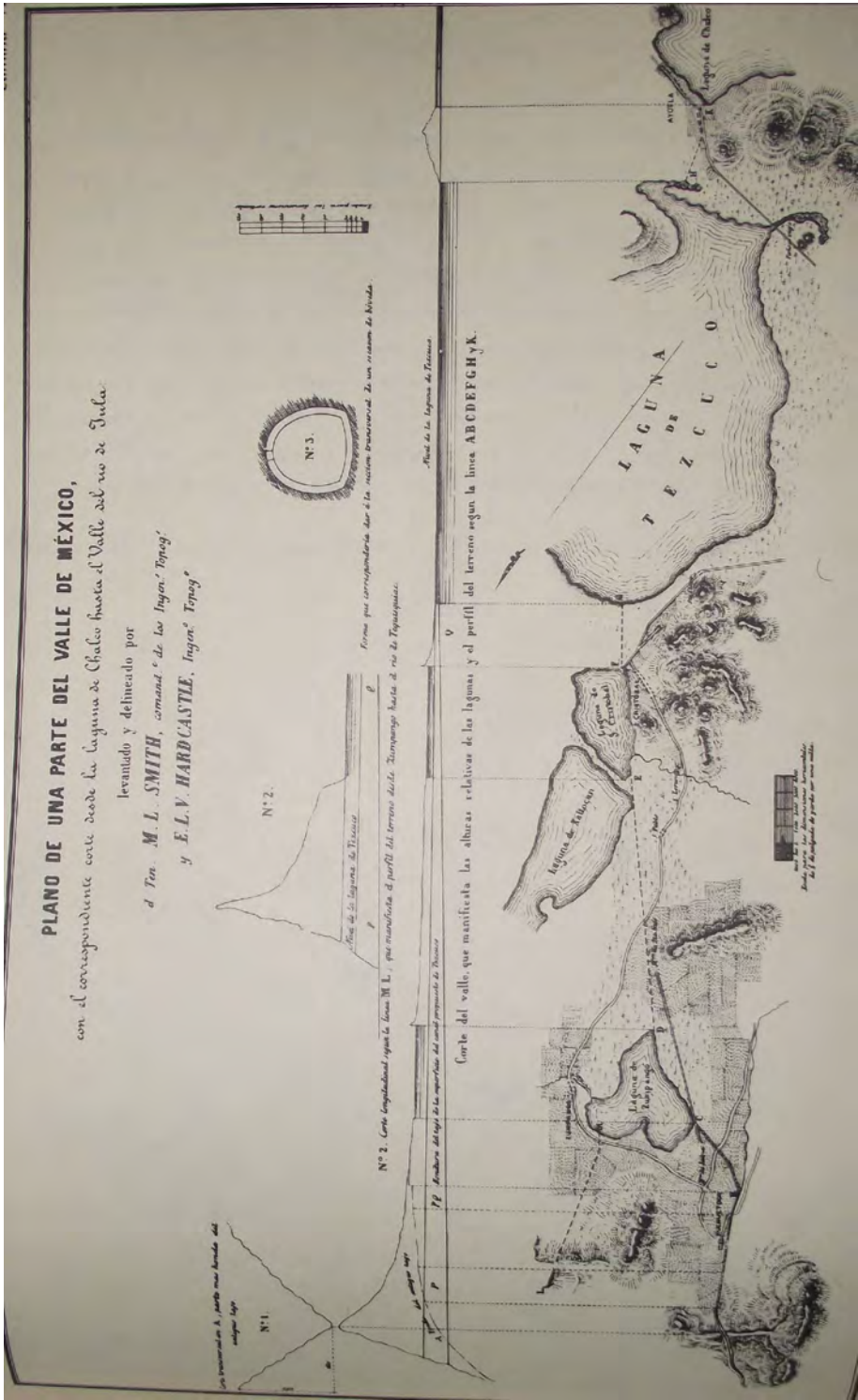
En la segunda sección se muestra un mapa de los lagos y el antiguo tajo de Nochistongo. En línea punteada se presenta un hipotético trazo desde la laguna de Texcoco hasta un posible desagüe al noreste de la laguna de Zumpango, por la región de Tequixquiac. También se muestra una posible conexión de la laguna de Chalco con la de Texcoco. No es la primera vez que se mencionará la posibilidad de un desagüe en

Tequixquiac. También se presenta un pequeño croquis de la sección transversal de un posible socavón para conseguir el desagüe.

Este mapa fue elaborado en el contexto de la intervención estadounidense en el territorio nacional entre 1847 y 1848. El documento y el correspondiente proyecto marcan el inicio de una reflexión y trabajo profundo a partir de mediados del siglo XIX para proyectar soluciones de desagüe y comprender el funcionamiento hidrológico del valle.

No se dispone de elementos para afirmar que este proyecto influenció a los planteamientos posteriores. Lo que es cierto es que se presentó con anterioridad a los otros proyectos y que en términos generales sintetizó las pautas generales que los otros proyectos de desagüe seguirían. No obstante, al comparar esta propuesta con las posteriores se puede evidenciar el aporte de esos trabajos con respecto a esta primera propuesta, un tanto simplificada.

Ilustración 12: Plano de una parte del valle de México. Smith, M. L. y E.L.V. Hardcastle.



Fuente: Apenes. O. 1984. *Mapas antiguos del Valle de México*. México.

El siguiente mapa fue elaborado por el ingeniero Francisco de Garay y presentado en 1856 como parte de sus proyectos para lograr el desagüe directo del valle en el concurso organizado por el gobierno federal a ese respecto.

En su mapa, De Garay muestra las obras del desagüe colonial en Nochistongo y su propuesta para desalojar el agua lacustre de la cuenca, al nororiente de aquellas obras, en Tequixquiac.

Un aspecto muy importante en el mapa de De Garay es que muestra la extensión de las lagunas en su dimensión "normal", delimitando la rivera del lago con línea de color azul. Luego, en un tono de azul más suave, se muestra el mayor crecimiento de los lagos durante la época de lluvias.

En color amarillo el autor realiza el trazado de su proyecto de canalización para conseguir el desagüe de los lagos, desde Texcoco hacia al norte. Propone atravesar los lagos por su región central y, a su vez, conducir el drenaje de la ciudad de México desde San Lázaro hasta el lago de Texcoco.

La visión de Francisco de Garay, plasmada en su mapa, es una síntesis de las aspiraciones formuladas desde la etapa colonial. No es el primero en plantear el desagüe por Tequixquiac, pero sí el que estudia la viabilidad de la idea desde un punto de vista técnico y económico.

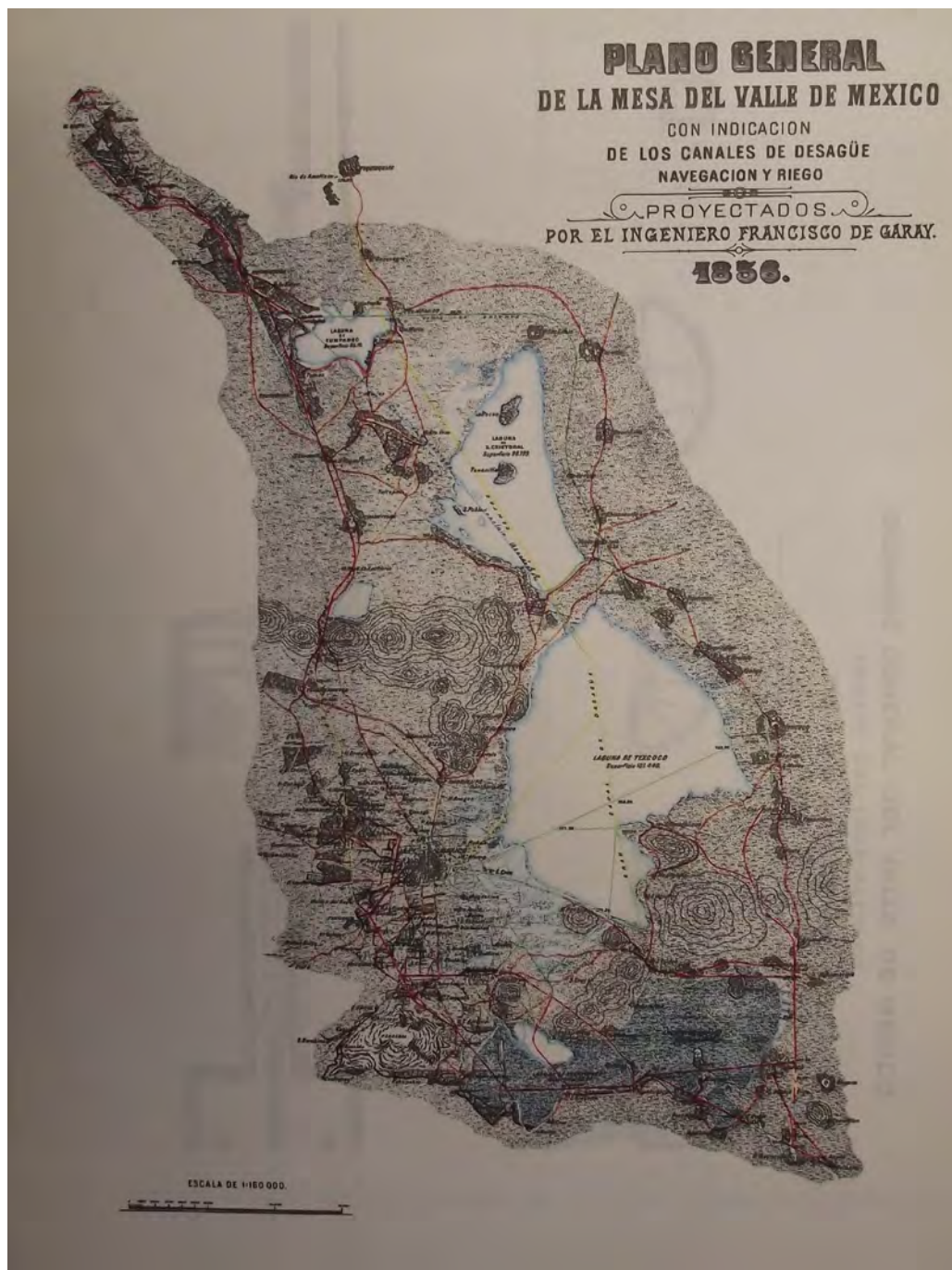
Las propuestas de De Garay incluyen la noción de desarrollar infraestructura para el riego interno en el valle, en favor de las actividades agrícolas, así como infraestructura para la transportación en los canales.

Estos aspectos hacen de la visión del ingeniero De Garay algo muy completo en términos del diagnóstico (su precisión al distinguir los cambios en la extensión lacustre a lo largo del año) y de lo que podría ser el dinamismo productivo del valle al hacer funcionar la región lacustre como mecanismo que apoye tanto la actividad productiva como la del transporte. Hay análisis e intención para transformar la región en una zona eficiente en lo económico.

En otras palabras, De Garay logró expresar la visión de aquellos expertos que no se planteaban el desagüe como objetivo final, sino establecer mecanismos que dieran

proyección a la viabilidad del futuro urbano de la región en convivencia con la región lacustre.

Ilustración 13: Plano general de la mesa del valle de México. Francisco de Garay. 1856.



Fuente: Memoria del Sistema de Drenaje Profundo (1976).

Se presentará a continuación la Carta hidrográfica del valle de México. Este mapa se editó en el año 1862 por parte de una Comisión encabezada por el ingeniero geógrafo Francisco Díaz Covarrubias. El documento identifica la ubicación y forma de los cuerpos de agua, principalmente las lagunas y cursos fluviales existentes en el valle de México a mediados del siglo XIX.

En la parte superior izquierda se puede apreciar el trazo que corresponde a las obras del tajo de Nochistongo, emprendidas por Enrico Martínez dos siglos y medio antes.

Más abajo y hacia la región central del mapa se encuentran tres lagos: Zumpango, Xaltocan y San Cristóbal. El bordo sudoriental de este último está delimitado por la calzada de San Cristóbal.

Al centro y a la derecha del mapa se encuentra el lago de Texcoco y a su izquierda, enlazado con el lago por el Canal de San Lázaro, la Ciudad de México. En el sur del valle, ubicados en la parte inferior del mapa, se muestran los lagos de Xochimilco y de Chalco, separados por una calzada.

Para la época la presencia de los lagos se redujo de manera importante en el valle. Se puede percibir si se compara la información que ofrece este documento con los documentos coloniales.

Por otro lado, es notable el cambio en la concepción del espacio que tienen los expertos del siglo XIX, sobre todo si comparamos su cartografía con la del siglo XVII. La orientación del plano se ha modificado para ubicar al norte en la parte superior. La precisión del levantamiento da constancia del avance tecnológico.

El desarrollo posterior de las ideas y los proyectos para la ejecución del desagüe tiene un vínculo muy notorio con la *Carta hidrográfica*. Este documento aportó información precisa y relevante sobre las características hidrológicas y geográficas de la región lacustre. La elaboración de esta *Carta* le dio su estatuto completo de tema científico moderno a la indagación de la hidrología regional y al tema del desagüe. La *Carta hidrográfica* no presenta propuestas de desagüe, sino información concisa sobre la situación lacustre en su momento.

Ilustración 14: Carta hidrográfica del valle de México. Francisco Díaz Covarrubias. 1862.



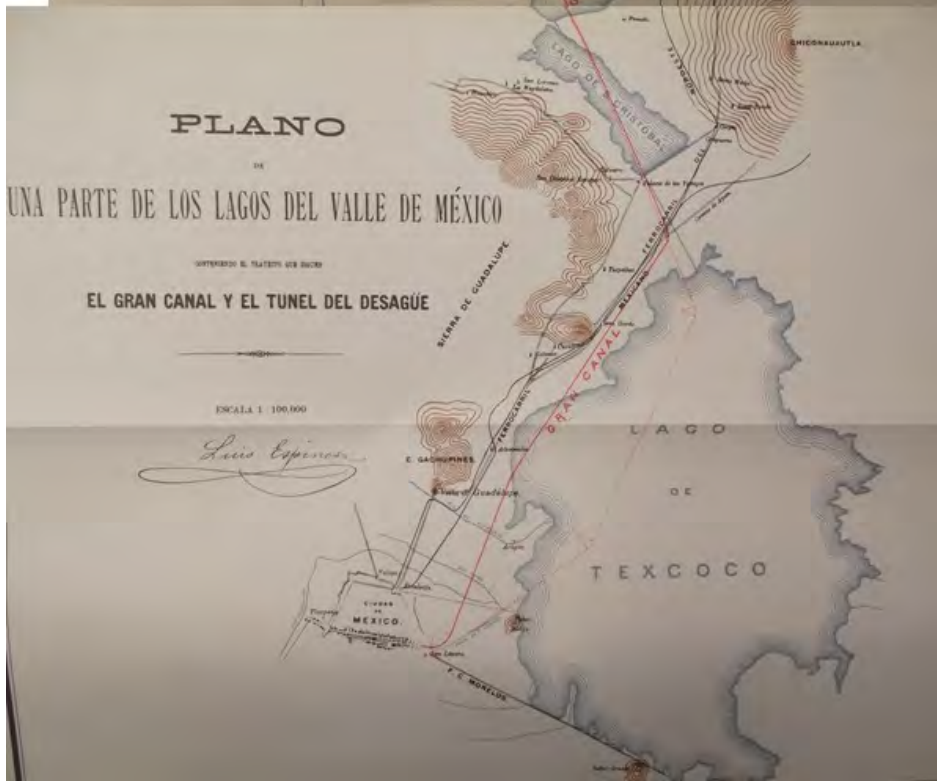
Fuente: <http://ids.lib.harvard.edu/ids/view/11274161?buttons=y>

Finalmente, en esta muestra de cartografía del siglo XIX, se comentará el mapa del ingeniero Luis Espinosa, responsable de la Junta del Desagüe que emprendió y culminó el proyecto del Gran Canal durante el gobierno de Porfirio Díaz.

Con respecto al túnel propuesto, Espinosa indica que la intervención en Tequixquiac se realizó en un sitio distinto al propuesto por De Garay. Espinosa propone un lugar no alejado del otro proyecto, más al oriente pero en Tequixquiac.

El mapa muestra con gran precisión el contorno de las lagunas y trazados en rojo los canales que tocan tangencialmente a las mismas, pues Espinosa deseaba utilizar el sistema de canalización como un medio para regular los niveles en los lagos y reducir su contaminación. Es decir, con su propuesta buscaba que los canales no condujeran regularmente las aguas residuales de la ciudad hacia las lagunas, sino que la función de los canales fuera expulsar esas aguas del valle y separar el agua lacustre para gestionar su presencia en la región.

Este último aspecto hace de la visión de Espinosa algo innovador ya que el ideal de gestión lacustre tiene una propuesta concreta y viable. No tiene los alcances de las infraestructuras planteadas por De Garay en sus proyectos pero, en cambio, resuelve de manera integral algunas metas de la gestión hidrológica regional en el marco del objetivo del desagüe. En este punto Espinosa se aleja de la visión de De Garay al favorecer el uso del agua desalojada del valle para la irrigación en la región hidalguense del Valle de Tula.

[illegible]

Fuente: Memoria del Sistema de Drenaje Profundo, (1976).

La cartografía de mediados del siglo XIX se expresa mediante un lenguaje técnico mucho más uniforme y generalizado que el mostrado en el periodo colonial. La aproximación a la geografía regional se hizo más sofisticada.

Como antes indicamos, uno de los aspectos que hay que destacar es la precisión en el levantamiento geográfico, en cuanto a la ubicación, dimensiones de la región lacustre, la existencia de otros cuerpos de agua, montes, poblados y ciudades. El avance tecnológico y el desarrollo del conocimiento en la comunidad de expertos permitieron tal nivel de precisión.

Los planos analizados expresan la voluntad de lograr una síntesis de los aspectos económicos, sociales y ambientales en cuanto a sus recomendaciones y propuestas sobre la gestión lacustre.

La idea del desagüe directo es muy extendida y aunque no goza de un completo consenso, la mayoría de los expertos piensa en esa propuesta como la solución más viable para la problemática regional.

Recuperando las preocupaciones de Castera en la parte final del período colonial, los expertos decimonónicos estudian con mayor atención la vinculación del drenaje urbano con la dinámica lacustre.

2.3 Una breve revisión de mapas del siglo XX

La cartografía en el siglo XX es demasiado amplia para intentar tratarla exhaustivamente en este apartado. Un primer aspecto a comentar es que la noción misma del aspecto territorial cambia con la introducción del concepto de cuenca. A partir del último tercio del siglo, no se habla más del Valle de México, sino de la Cuenca del Valle de México, como un sistema hidrológico integrado por diversas microcuencas. El proceso para llegar a esa concepción del territorio se gestó a lo largo de las décadas previas.

La información contenida en la cartografía tiende a un gran crecimiento, en virtud de que el proceso de urbanización se aceleró de manera importante a mediados del

siglo, mientras que el lago de Texcoco se desecó casi en su totalidad, al igual que otros cuerpos de agua al norte y al sur del mismo.

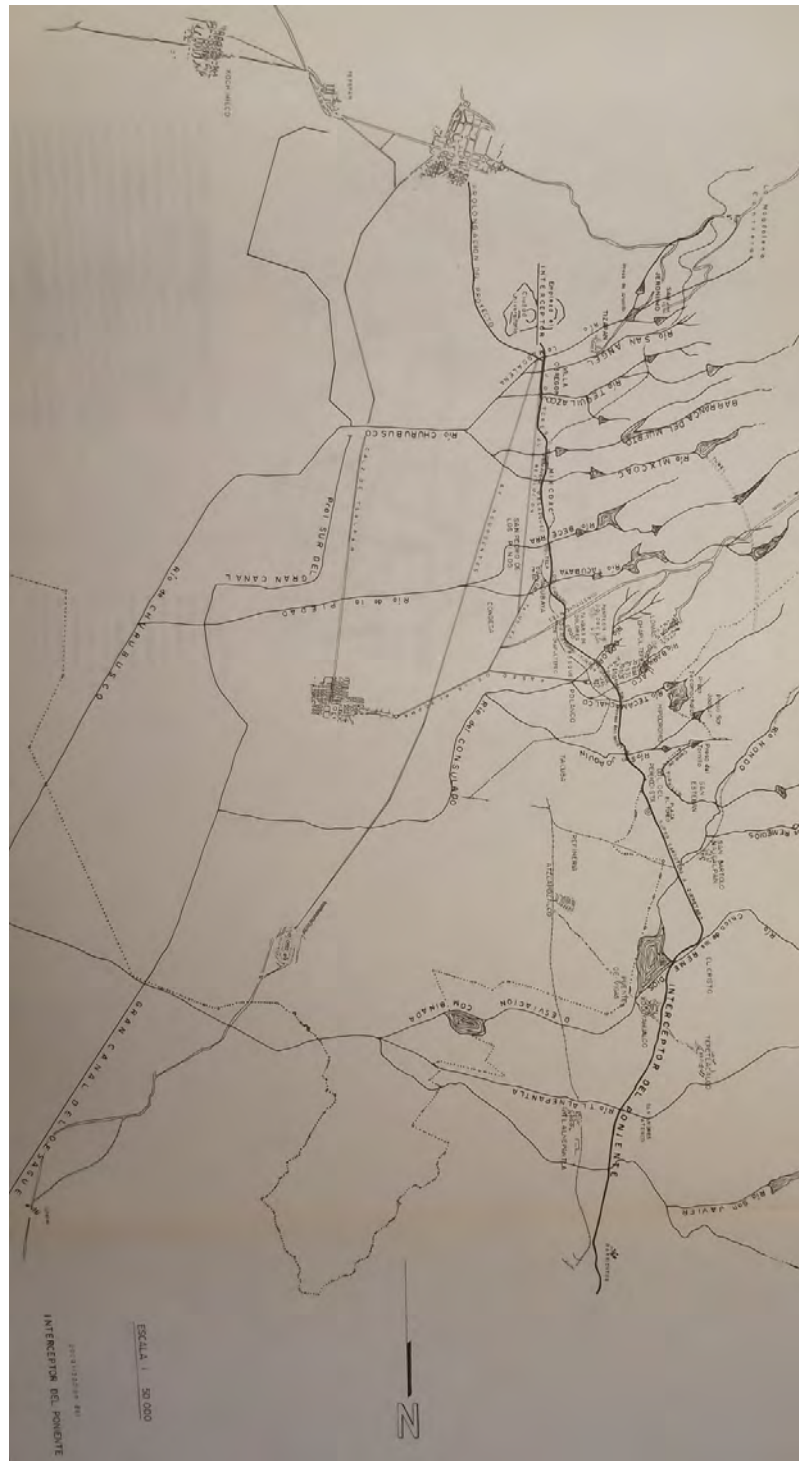
A mediados del siglo XX las obras construidas durante el gobierno de Porfirio Díaz y las subsecuentes obras para mejorar su funcionamiento habían quedado rebasadas en virtud de dos fenómenos: el hundimiento del suelo de la ciudad de México y el ritmo de expansión urbana y demográfica.

El siguiente plano, que aparece en la *Memoria del Sistema de Drenaje Profundo*, da cuenta del proyecto para establecer un interceptor subterráneo de aguas pluviales y residuales en el lado poniente de la ciudad, que recorriéndola longitudinalmente recoge las aguas de los afluentes que concurren por esa zona hacia la parte más baja de la cuenca. El trazo del interceptor es el de la línea más oscura que recorre el plano de sur a norte por el lado derecho.

El plano es elocuente en el sentido descrito. Fundamentalmente muestra la trayectoria del interceptor y cómo haría intersección con los ríos al lado poniente de la ciudad.

En el costado izquierdo podemos apreciar el trazo del Gran Canal. En la parte inferior, un poco al sur del límite territorial de la Ciudad de México, aparece transversalmente la desviación combinada, obra proyectada y construida en 1929 para enlazar los escurrimientos del poniente con el Gran Canal, cosa que más adelante se descartó como su función principal.

Ilustración 16: Proyecto Interceptor poniente.



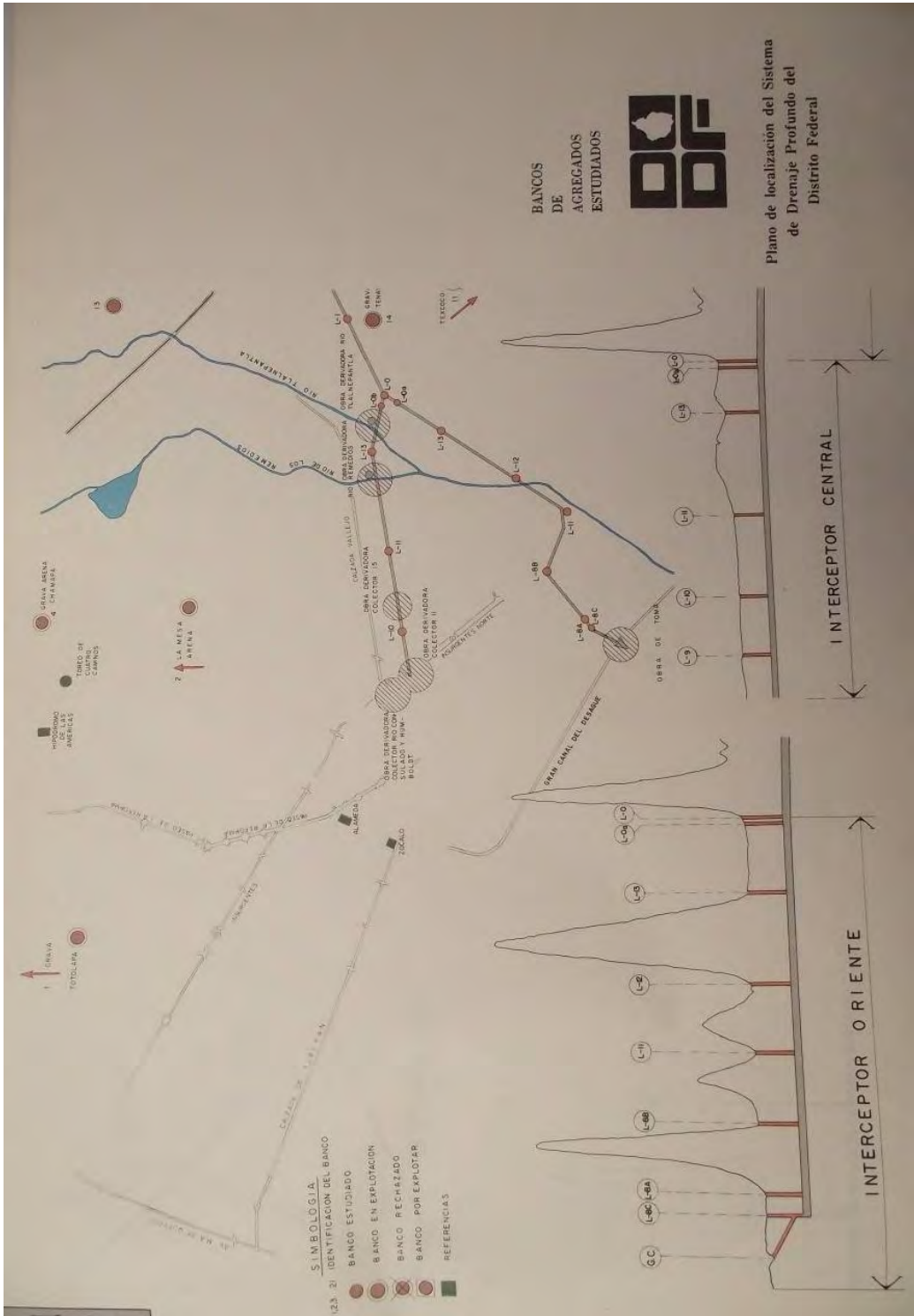
Fuente: Memoria del Sistema de Drenaje Profundo (1976).

A finales de la década de los años cincuenta el Departamento del Distrito Federal, a través de la Dirección General de Obras Hidráulicas, tenía listo un proyecto para gestionar el drenaje de la capital. Fundamentalmente se trata de un sistema integrado por tres partes: dos interceptores subterráneos que recorren longitudinalmente la ciudad por el oriente y por el centro, y que confluyen en el límite norte de la entidad en un emisor central subterráneo, mismo que llevaría el agua servida y pluvial fuera de la cuenca, hacia el río Tula.

El mapa que se presenta a continuación muestra la parte de los interceptores central y oriente, su intersección y el inicio del emisor central. Se muestran las lumbreras proyectadas para la construcción de los túneles y en la parte inferior un corte longitudinal que muestra el perfil del suelo, las lumbreras, así como los túneles proyectados para los interceptores.

Se trata de un mapa con información sintética sobre una sección del proyecto de drenaje profundo. Este proyecto, formulado durante la década de los años cincuenta, significó una nueva orientación para la gestión del drenaje urbano. Su elevada complejidad técnica sería difícil de expresar en una sola representación cartográfica.

Ilustración 17: Diagrama de interceptores propuestos en el SDP.



Fuente: Memoria del Sistema de Drenaje Profundo (1976).

Este mapa nos da una primera aproximación a una compleja red de infraestructuras cuya finalidad es resolver el problema del drenaje de la ciudad y el desagüe de la cuenca en el último cuarto del siglo XX.

La intervención hidráulica para el drenaje y desagüe de la que da cuenta la cartografía en el territorio de la cuenca es completa. Las obras se construyen tanto en la zona urbana como en la zona no urbanizada, integrando una amplia y compleja red que se extiende por decenas de kilómetros, tanto a nivel superficial como a gran profundidad en el subsuelo.

La cartografía sobre el tema hace énfasis en las características de los proyectos, mientras que las características de la geografía pasan a ocupar un papel contextual. El diagrama que se muestra a continuación es un ejemplo de lo anterior. En este esquema se presenta la red completa del sistema de drenaje a mediados de la década de los años setenta.

En trazos de color verde aparecen las obras del Gran Canal con los dos túneles contruidos para su operación. En el lado derecho, también en verde, se muestra el interceptor poniente y la red de colectores que surten a las obras del Sistema de Drenaje Profundo. En color rojo, en la región media del diagrama, aparecen los interceptores central y oriente, conectados al emisor central. En el lado izquierdo del mapa aparecen las obras para la regulación del lago de Texcoco, así como el dren general que desemboca en el Gran Canal.

Ilustración 18: Diagrama general de los sistemas de drenaje de la Ciudad de México.



Fuente: Memoria del Sistema de Drenaje Profundo (1976).

El breve conjunto de mapas comentados, generados entre los años 50 y 60, muestran con suficiencia el perfil multidisciplinario que el desagüe y la hidrología de la cuenca alcanzaron en el último siglo. También, estos mapas son evidencia de que los expertos que los elaboraron ya integraban parte de un grupo muy especializado en el tema. Ambos son signos de la madurez del tema como un asunto científico contemporáneo.

Además, el papel del diseño de las infraestructuras está entrelazado con el diagnóstico y la generación de propuestas. Múltiples ideas en cuanto a la gestión hidráulica de la cuenca se formularon en el marco de la discusión de esos proyectos.

2.4 Reflexión final

La cartografía reunida en este capítulo muestra la estructuración del conocimiento científico sobre la hidrología de la Cuenca del Valle de México, a través de un largo y complejo proceso histórico. A su vez, ofrece un panorama del diseño de las infraestructuras desarrolladas para atender la problemática del desagüe de la cuenca.

Cada pieza seleccionada muestra una perspectiva particular de la problemática y de los aspectos geográficos e hidrológicos que su autor buscaba destacar. Una primera conclusión es que la diversidad de expresiones prueba que el proceso histórico de la estructuración del conocimiento sobre la cuenca se ha conformado con una multiplicidad de puntos de vista. Esto significa que no ha prevalecido un único punto de vista particular y que paulatinamente, tanto obras como conocimiento científico se han vinculado de modo específico, de acuerdo al momento y al contexto.

En segundo lugar, los mapas muestran un proceso de evolución no lineal del conocimiento, sino discontinuo. El énfasis va pasando del objetivo de describir al objetivo de establecer una mejor comprensión de los elementos que conforman el espacio. Luego, el lugar central lo ocupa el proyecto de infraestructura que en una escala regional va a desplazar de la representación a los elementos ambientales.

Capítulo 3. El desagüe, un tema científico a inicios del siglo XVII

3.1 Introducción

En este capítulo se analizarán, principalmente, los argumentos formulados por científicos en los primeros treinta años del siglo XVII, especialmente los desarrollados en los documentos del cosmógrafo Enrico Martínez y del ingeniero Adrian Boot sobre el tema del desagüe del Valle de México.

En el período referido arrancó la ejecución de las primeras obras de desagüe como consecuencia de las inundaciones que a principios de aquel siglo afectaron a la capital novohispana. En el marco de tales acontecimientos se debatieron diferentes visiones sobre la viabilidad de las propuestas de solución a la problemática de las inundaciones.

Se hicieron presentes, entre otras, las ideas de un desagüe total de los lagos ubicados en el norte del valle, la propuesta del desagüe general del lago de México y la posibilidad de establecer un control de los flujos hídricos mediante diques y albarradas en la cuenca.

Otras discusiones relativas al tema fueron la ubicación más adecuada para abrir el desagüe, así como la viabilidad de la obra en términos de la disponibilidad de recursos financieros y de fuerza de trabajo.

A lo largo de las primeras tres décadas del siglo XVII se desarrollaron los trabajos del desagüe, en un contexto caracterizado por la irregularidad en la continuidad de la obra y de la falta de constancia en la gestión política de la misma en el ámbito gubernamental. Al término del período analizado el saldo fue el de una obra inconclusa y cuestionada en el entorno popular, así como una grave catástrofe para la ciudad. No obstante, en ese lapso se desarrolla más de una visión para la solución a la problemática de las inundaciones que aquejaban a la capital. Esas visiones han prevalecido hasta el siglo XXI. En este capítulo se analizará el proceso de argumentación científica que dio base a la visión del desagüe general del Valle de México y se identificarán las diferentes ideas de solución a las inundaciones durante el período.

3.2 La ciencia novohispana y la idea del desagüe

3.2.1 El contexto científico

Durante los siglos XVI y XVII se desarrolló una transformación profunda de las ideas científicas europeas (Ruiz Limón, 1999). Entre los cambios más significativos se debe mencionar el triunfo del sistema copernicano en la interpretación y explicación del entorno cosmológico, la matematización del lenguaje científico y la sistematización metodológica de la experimentación, como ejes fundamentales de la construcción del conocimiento científico, entre otros acontecimientos relevantes (Koyre, 1978).

Los cambios científicos generados en Europa fueron paulatinos a lo largo de los dos siglos mencionados y su análisis no es objeto de esta investigación. No obstante, es importante mencionarlos como parte del contexto del tema que se está tratando. Llamam la atención dos aspectos que en la historiografía científica los expertos han abordado como temas de debate. Por una parte la discusión acerca de la continuidad o la ruptura de las bases filosóficas de la ciencia en el periodo planteado (siglos XVI y XVII) y por otra, la concepción misma de la ciencia moderna y la caracterización del conocimiento generado en el periodo como *pre-científico* (Koyre, 1978; Navarro, 2007). Ambos debates son relevantes para la interpretación del tema del desagüe del Valle de México como un problema científico.

La aproximación al cambio revolucionario de las concepciones científicas europeas fue lento y gradual en la Nueva España, debido a tres factores: el primero tiene que ver con la temprana etapa en que se encontraba el desarrollo autónomo de la ciencia en la colonia española y su dependencia de los expertos europeos; en segundo lugar, que las universidades, herederas del pensamiento escolástico no marchaban al ritmo de las innovaciones y nuevos planteamientos científicos (Rojas Garciadueñas, 1990), -lo que no fue excepción en el caso de la Universidad en el territorio colonial-, y en tercer lugar, el poder de instituciones como el Tribunal del Santo Oficio, que

persiguió la supuesta herejía en las nuevas ideas astronómicas (Trabulse, 1994). Sin embargo, la influencia de los cambios en el pensamiento científico fue inevitable y los siglos XVII y XVIII fueron el escenario de importantes avances. Elías Trabulse es uno de los historiadores que más acuciosamente ha investigado la temática en la Nueva España, advirtiendo los avances desarrollados en geografía, ciencias exactas, medicina y minería, entre otras.

Durante los siglos XVI y XVII ocurrió un periodo de gestación del pensamiento científico novohispano. Una característica de la orientación del desarrollo científico de la época fue su perfil práctico. Se buscaba, principalmente, resolver problemas que reclamaban una solución de utilidad social. Matemáticos, cosmógrafos, ingenieros, arquitectos, entre otros, se ocuparon de la problemática planteada por la necesidad de infraestructuras urbanas, y lo hicieron con la premisa de buscar soluciones viables, antes que la generación de nuevo conocimiento. En ese sentido, las soluciones a problemas como el de las inundaciones de la Ciudad de México estuvieron apoyadas en la puesta en práctica de dispositivos tecnológicos (Rojas Garcíadueñas, 1990; Navarro, 2007). Para el historiador José Sala Catalá el tema del desagüe del Valle de México fue un parte-aguas de la técnica latinoamericana, pues se constituyó como la obra de ingeniería más importante del Renacimiento y suscitó lo que denomina “integración social del científico novohispano” (Sala Catalá, 1992: 144,153 y 156).

Los problemas como el del desagüe del Valle de México serán abordados con bases teóricas inestables, -debido al cambio en las ideas científicas de la época-, y con enfoques que no eran compartidos por todos los expertos, lo que no facilitaba la construcción del diálogo científico. A lo anterior, se suman las limitantes del desarrollo tecnológico que dificultaban el diagnóstico acertado y la implementación de soluciones permanentes. José Sala Catalá señala lo siguiente con respecto a la discusión científica sobre el tema del desagüe: “La importancia más estrictamente científica de la obra se oculta en las discusiones sobre la nivelación de la misma y en las razones para no seguir la recomendación clásica de Vitruvio en este tema.” (Sala Catalá, 1992: 154) En particular, las limitaciones en cuanto a los instrumentos de medición que aunque variados, requerían de gran pericia en el cálculo y la observación. Sobre la vasta

cantidad de instrumentos y técnicas de levantamiento y medición renacentistas Federico Arévalo (2003: 89) comenta:

El siglo XVI conoce una revolución en el desarrollo y avance de los instrumentos de medida. En muchas ocasiones la causa del avance puede ser la adopción de un invento de primera magnitud como es la brújula, mientras que en otras puede provenir del uso de algún nuevo sistema desarrollado por el arte de la navegación o por la mejora de la artillería.

Arévalo describe una vasta cantidad de aquel tipo de instrumentos, entre los que señalaremos los siguientes: anillo astronómico, astrolabio, báculo mensorio o de Jacob, cuadrado geométrico, escala altimétrica, escuadra móvil, espejo, groma o escuadra de agrimensor, horizonte graduado, niveles: nivel de tranco, nivel de grados, corobate, corobate con escala altimétrica; plancheta, planisferio, radio astronómico, radio latino, semicírculo, tavoletta pretoriana, teodolito, trigómetro, vara.

3.2.2 La comprensión científica del desagüe durante el periodo novohispano

La comprensión científica del problema de las inundaciones constituyó un proceso lento y polémico, como muchos de los problemas de la ciencia. Se trata de una problemática de larga data para los asentamientos humanos en la Cuenca del Valle de México, como lo advierte Trabulse:

Desde la época prehispánica las inundaciones y crecidas anegaban la que fue la capital primero del imperio mexica y luego del virreinato de la Nueva España. Uno tras otro, primero los tlatoanis y luego los virreyes, emprendieron obras para conjurar la amenaza, que iban desde enormes diques hasta la apertura del canal de Huehuetoca mencionado por Humboldt. (Trabulse, 1996: 140)

Las diferentes respuestas que se fueron experimentando correspondieron a diferentes momentos y grados del desarrollo de la urbanización de la cuenca. En cuanto al planteamiento del desagüe confluyen en él mismo aspectos de carácter científico y tecnológico que lo sitúan como un problema que ha generado un conocimiento muy

amplio del hábitat regional y de los vínculos entre los ámbitos natural y artificial. Trabulse dice que:

En efecto, los documentos que han llegado hasta nosotros sobre este asunto son muy numerosos e incluyen relaciones de las visitas realizadas a las obras por los virreyes, dictámenes de oidores, superintendentes y arquitectos, pareceres de los fiscales y opiniones particulares de frailes expertos a quienes se acudía. Y los fenómenos eran cíclicos, tanto los meteorológicos como los burocráticos. Así, a uno o dos años de torrenciales aguaceros e inundaciones, que llevaban aparejados voluminosos y no pocas veces impracticables proyectos de solución, sucedían periodos de calma pluvial y de incuria gubernamental, o sea, un descenso en los volúmenes de lluvia y de papeleo. Entonces, las obras se abandonaban casi completamente, había derrumbes y azolves que cegaban canales y obstruían el tajo, propiciando su inoperatividad para la siguiente época de lluvias intensas. (Trabulse, 1996: 143)

Esta falta de continuidad en la atención de las autoridades, señalada por Trabulse, afectó la conformación de una visión integral de la problemática implicada por las inundaciones. Más de cien años después de los planteamientos y obras del desagüe emprendidas en los albores del siglo XVII continuaba la discusión sobre alternativas al planteamiento del desagüe, aún y cuando los medios tecnológicos habían evolucionado. Elías Trabulse presenta un resumen de los vaivenes en la orientación de las ideas sobre el desagüe durante el siglo XVIII, considerando las diferentes propuestas de Alzate, Ricardo Aylmer, Idelfonso de Iniestra, Velázquez de León e Ignacio Castera (Trabulse, 1996: 140-144).

3.3 El desagüe en marcha

3.3.1 Los acontecimientos más relevantes en el período 1608-1629

La idea del desagüe del Valle de México como solución a la problemática de las inundaciones de la capital novohispana tiene antecedentes en diferentes propuestas generadas durante el siglo XVI. El inicio de las obras para lograr tal propósito se sitúa en los primeros años del siglo XVII bajo la autoridad del virrey Luis de Velasco (el joven).

Entre los años de 1604 a 1607 la serie de inundaciones que afectaron a la Ciudad de México, -provocadas por el desbordamiento del lago de México- motivaron a la búsqueda de soluciones urgentes con la reparación y habilitación de barreras físicas al crecimiento de los lagos en diferentes sitios como el albaradón de San Lázaro, al oriente de la ciudad, o la construcción de la albarrada en el lago de San Cristóbal en Ecatepec. Estas acciones fueron insuficientes para impedir la recurrencia de las inundaciones, lo que dio motivo para instrumentar una solución de mayor envergadura con la construcción de un mecanismo de desagüe en la región norte del Valle de México.

Después del análisis de diferentes propuestas se comisionó al cosmógrafo del rey, Enrico Martínez (ver referencia biográfica en la Tabla 1), para dirigir la construcción de un desagüe en la región de Nochistongo, al noroeste del lago de Zumpango, con la finalidad de desviar la entrada de las aguas del río Cuautitlán a este último lago y conducir las fuera del valle, para reducir lo que se consideraba el mayor riesgo para la ciudad. En una segunda etapa, el proyecto de Martínez comprendía la realización de una obra para desaguar las lagunas de San Cristóbal y Texcoco a través del drenaje realizado en Nochistongo.

Tabla 1. Nota biográfica de Enrico Martínez

La enciclopedia de México presenta la siguiente semblanza de Enrico Martínez:

Nació en Hamburgo, Alemania, entre 1550 y 1560; murió en Cuautitlán, actual estado de México, en 1632. Su verdadero nombre fue Heinrich Martin. Llegó a Sevilla, con su familia, a los ocho años de edad. Viajó por Europa, y en compañía de Luis de Velasco, nombrado virrey de Nueva España, pasó a ésta en 1589. Trajo consigo el título de cosmógrafo real, radicando en la ciudad de México. Poligloto, pues además de su lengua materna, hablaba latín, francés, inglés y castellano, se le nombró intérprete del Santo Oficio. Fue impresor de varios libros. Propuso un gran tajo, en parte abierto y en parte cerrado, que iría desde Nochistongo hasta encontrarse con el río de Tula, por donde desaguarían el río Cuautitlán y las crecientes de los lagos de México y Texcoco, que con frecuencia inundaban la ciudad. El túnel resultó estrecho, por lo cual sobrevino la terrible inundación de 1629. Ensanchó entonces el socavón y prosiguió la obra, no obstante los ataques de sus adversarios. Fray Juan de Torquemada, quien lo conoció y trató, dice de él que era hombre sabio en astrología y cosmografía. Destacó también como escritor científico: *Reportorio de los tiempos e Historia natural desta Nueva España* (1606), obra suya, es uno de los pocos libros científicos escritos en Nueva España. Trata del mundo en general, y en particular de la región celeste, de los movimientos con un lunario (de 1606 a 1620), de las partes y calidades de la región elemental, de las particularidades de la Nueva España, de astrología y de la magna conjunción de los planetas Júpiter y Saturno el 24 de diciembre de 1603. Incluye una breve relación de casos notables sucedidos en castilla y nueva España, de 1520 a 1590, da consejos para sembrar el maíz y examina diversos medios de combatir las plagas de la langosta y otros animales perjudiciales, y define varias enfermedades. Tiene un concepto geocéntrico medieval del mundo ante la misma concepción del Universo que hace fondo a la Divina Comedia inspirada en el sistema astronómico de Ptolomeo. (Álvarez, 1987: 5026-5027)

Fuente: Álvarez, 1987. *Enciclopedia de México*.

Por diversos factores de carácter técnico la obra emprendida por Martínez tuvo poca eficacia y los siguientes años, durante el período que va de 1610 a 1620, fue necesario implementar un infructuoso proceso de mantenimiento, que se vio afectado por la poca disposición del cabildo de la ciudad con respecto a la ejecución del proyecto de desagüe. En diferentes momentos el cabildo objetó la provisión de recursos

económicos para la obra y alentó la discusión de propuestas de solución diferentes a la opinión de Martínez, designado "Maestro mayor de la Máquina del desagüe".

En ese marco, el arribo e intervención del ingeniero de origen holandés, Adrian Boot (ver nota biográfica en la Tabla 2), tuvo un lugar especial, pues éste era enviado del rey Felipe III y presentó en reiteradas ocasiones propuestas alternativas al proyecto de desagüe general encabezado por Martínez. Boot se incorporó a la escena del debate en el año de 1614 y hasta mediados de la década del 1620-1630 presentó propuestas tendientes a la realización de obras de contención de las crecientes de los lagos mediante albarradas. Entre los años de 1620 y 1625 el cabildo de la ciudad dio una recurrente atención a las propuestas de Boot para su consideración. El ingeniero holandés pensaba que la preservación del agua en los lagos del valle era necesaria para la estabilidad del suelo de la ciudad y que debería optarse por una solución que permitiera la regulación del crecimiento del nivel del agua en las lagunas. Los proyectos de Boot no se pusieron en ejecución pero constituyen un referente histórico alternativo a la visión del desagüe general del valle como solución a la amenaza de inundación.

Tabla 2. Nota biográfica de Adrian Boot

Sobre Adrian Boot, la Enciclopedia de México señala que:

Se supone que era de origen holandés o francés, pero se ignoran los lugares y fechas de nacimiento y muerte. (...) Encargado de hacer algunas obras hidráulicas de esta índole en el valle de México, presentó un proyecto en 1614, desechando lo realizado anteriormente por Enrico Martínez y proponiendo “llevar el río de Cuautitlán por el socavón viejo de desagüe” para evitar las inundaciones. Pero al consulado de la ciudad de México, que era la autoridad encargada de llevar a cabo el proyecto, le pareció éste oneroso e inconveniente, por cuanto se pensaba unir el río de Cuautitlán con los lagos de Zumpango y las avenidas de Pachuca para luego expulsar juntas las aguas (6 de abril de 1615). Por esta causa no llegó a participar en esas importantes obras, continuando al frente de ellas Enrico Martínez. Se trasladó al puerto de Veracruz para levantar planos concernientes a la defensa del puerto, inspeccionó ese lugar, el fuerte de San Juan de Ulúa y las islas vecinas. De esos estudios dejó un hermoso plano: Puerto de la Vera Cruz nueva con la fortaleza de San Juan de Ulúa en el Reino de la Nueva España en el Mar del Norte, 1615. Más tarde se le mandó a Acapulco con el propósito de encargarse de la reestructuración del fuerte de San Diego, al cual le añadió cinco reductos. De ese tiempo procede su Mapa del puerto de Acapulco. Estas dos últimas cartas fueron encontradas en Reulle, Francia, por el historiador mexicano Francisco del Paso y Troncoso, quien las mandó a litografiar en colores a la casa Ruffoni de Florencia, Italia, durante su larga permanencia en Europa. (Álvarez, 1987: 1028-1029)

Fuente: Álvarez, 1987. *Enciclopedia de México*.

En 1629 sobrevino una de las peores inundaciones que han afectado a la Ciudad de México, inhabilitándola como la capital virreinal durante los siguientes cuatro años. El saldo de las personas muertas como consecuencia de la catástrofe se contó en el orden de los miles. Tras esta experiencia, la idea del desagüe general cobró cierta fuerza pero su concreción se vería retrasada durante siglos.

Es innegable que factores que obstaculizaron el desarrollo de las obras planteadas fue la limitación de recursos financieros y los efectos sociales que la obtención de aquellos recursos implicaba. A su vez, las diferentes respuestas que la compleja y dividida sociedad novohispana dio a la idea del desagüe le brindó base a una actuación lerda por parte de las instituciones estatales.

3.3.2 Las obras en los tiempos de Luis de Velasco

3.3.2.1 Los antecedentes inmediatos

Entre los años de 1604 y 1607 las inundaciones afectaron a la Ciudad de México con tal magnitud que sus consecuencias requirieron la atención directa de las autoridades novohispanas. Como resultado de estas inundaciones se retomó la discusión (iniciada durante el siglo anterior) sobre posibles soluciones de carácter más definitivo a tal problemática.

El virrey en turno, el Marqués de Montes Claros, tomó el camino de enfrentar la situación por la vía de la reparación de diques y albarradas que se habían construido durante el siglo anterior. Es muy probable que esta decisión estuviera motivada por dos razones principales: el riesgo inminente de inundación que amenazaba a la ciudad, así como el alto costo financiero y material que suponía una solución diferente, como la planteada desde mediados del siglo XVI: el desagüe de los lagos al norte del Valle de México.

El sucesor en el cargo de virrey, Luis de Velasco (hijo del primer Luis de Velasco, quien ocupó el puesto en el siglo previo) tomó la problemática de las inundaciones como prioridad de su gobierno y desde tempranos días dio muestra de ello. Una de las primeras acciones que ordenó fue la continuación de las reparaciones encargadas por su antecesor a Alonso Arias. No obstante, De Velasco no se limitó a dar continuidad a las medidas, sino que en un breve plazo convocó a representantes del cabildo de la Ciudad de México y expertos como Enrico Martínez y Alonso Arias para realizar conjuntamente las “vistas de ojos” que permitirían comprender la problemática y examinar la solución del desagüe. La Relación escrita por el escribano del rey, Alonso Pardo con fecha de 6 de noviembre de 1608, relata las acciones emprendidas por el Marqués de Montes Claros y la estrategia seguida por Luis de Velasco a partir del año de 1607. Este documento se encuentra en el Archivo General de Indias.

3.3.2.2 La concepción de la obra

El virrey de Velasco consultó con diferentes actores su opinión sobre la obra del desagüe general del Valle de México como el mecanismo para solucionar el problema de las inundaciones. Entre las instancias consultadas estuvieron el cabildo de la Ciudad, los Conventos de San Francisco, de San Agustín y de los Religiosos descalzos de Nuestra Señora del Carmen, así como al prior y cónsules de la Universidad. Todas estas instancias dieron su parecer a favor de la citada obra, salvo el cabildo, donde se presentaron diferencias de opinión con respecto al proyecto.

Para el virrey Luis de Velasco la obra del desagüe constituía una solución viable y necesaria por la amenaza que las inundaciones implicaban para la ciudad. Como parte de varios estudios mandó a cuantificar el valor de la ciudad y sus edificios en 1608 y en respuesta se le informó una estimación de poco más de veinte millones de pesos de oro. De ahí resulta evidente la importancia que el virrey atribuía a la obra, que podemos constatar por la forma en que se expresa de su necesidad en una carta al rey en 1609:

[...] y ver la desposicion que hay para desaguar esta laguna de Mexico que es la segunda parte de toda la obra de que ya he dado cuenta a Vuestra Majestad en otras cartas, ya [ilegible] puedo decir que si se acaba toda sera gran cosa y de mucha utilidad para todo este reynno Todavia hay necesidad del artifice que a Vuestra Majestad se [ilegible] enbie por lo que cada día se va ofreciendo de nuevo en la prosecución desta machina porque los de aca no le saben dar salida. (De Velasco, 1609)

La primera parte de la obra del desagüe correspondió al desagüe del lago de Zumpango a través del tajo de Nochistongo, que estuvo a cargo del Maestro mayor del desagüe: Enrico Martínez. La segunda parte de la obra era lograr el desagüe del valle, toda vez que la amenaza principal implicada en las crecientes del río Cuautitlán podría ser atendido con la obra del desagüe en Nochistongo.

La carta del virrey al rey también hace referencia a un tema que vale la pena subrayar. El virrey solicitó el envío de un especialista capaz de dirigir la culminación de la segunda parte del proyecto, pues en la Nueva España no se disponía de alguien

capaz de realizar el encargo. La obra propuesta era de gran magnitud y fue difícil concebir el envío inmediato de tal especialista, pero la solicitud es síntoma de una insuficiente concepción del problema por parte de los expertos que ya se encontraban en el valle.

Una señal de la búsqueda de alternativas al desagüe general lo tenemos en el interés mostrado por el tema del “sumidero” de la laguna, al que algunos pobladores locales hacían referencia y se presentaba como una posibilidad alternativa al desagüe fuera de la cuenca:

[...] y en este estado el otro virrey [Luis de Velasco] dio comision a un Juan de la Ysla para que fuese a ver cierto desagüe que don Luis de Fuenmayor [ilegible] le ofrescien en nombre de un Francisco Perez el qual hera de las orillas de la laguna de Chalco a legua y media poco mas o menos de distancia hacia el pueblo de Tepopula en cuyo viaje el otro Juan de la Ysla descubrio unos sumideros grandes en un llano de las vertientes y vegas de Colotepec que es entre el pueblo de Tepopula y Tenango el Viejo en los quales quando llueve aunque sea en mucha cantidad se recoxe de muchas bertientes y cerros gran pesso de agua que en un instante se consume por los dichos sumideros y que seria de gran utilidad y provecho intentar que ese Rio de Tenango que estaba divirtiend el dicho Yllescas se hechasse en uno de los otros sumideros havyendose primero linpiado para experimentar lo que afirmaban los antiguos circunvecinos que [ilegible] a sido referido y que consumiendose por alli el dicho rio seria muy facil y de poca costa echar por aquella parte la laguna [...] (Pardo, 1608, f. 2)

La alternativa del sumidero, cuya búsqueda se hizo en 1608, no llegaría a concretarse, pero la intención da cuenta de que la propuesta del desagüe general no era la única idea en la mente del gobernante. El virrey Luis de Velasco estaba convencido de la necesidad del desagüe y puso todo su empeño en lograr el respaldo para el proyecto:

[...] y aviendose le hecho la dicha notificacion pidio los dichos auctos y vistos presento peticion y [ilegible] de Francisco de Solis con poder pidiendo que con toda la brevedad posible se eligiese la parte mas conveniente por donde se pussiesse en execucion el dicho desagüe alegando para ello muchas caussas y razones y ofreciendo a mayor abundamiento informacion de testigos del estado en que la ciudad estaba y necesidad que avia del dicho desagüe lo que el dicho Virrey le mando rrecivir conosiendo de la Real Audiencia con citacion del fiscal de su magestad y se lo metio al dicho doctor Juan Quesada de Figueroa oidor de ella que la resolvió de trece testigos que depussieron

sobre el inestimable valor de la dicha ciudad y edificios de ella que si no hera con desagüe general no se podia librar de la dicha ynundacion. (Pardo, 1608, f. 3)

3.3.2.3 La ejecución de la obra

Luis de Velasco persistió hasta acordar en el año de 1607 la realización de la primera etapa del desagüe, obra que como antes se señaló, puso en manos del cosmógrafo Enrico Martínez:

[...] hizo junta el dicho Virrey de la Real Audiencia en el Real acuerdo donde asi mismo se allo el dicho Diego de Landeros y Velasco visitador general de esta Nueva España y aviendo visto una Relacion de todo lo auctuado en razon del dicho desagüe y las medidas y pinturas hechas de los sitios y partes propuestos para el se resolvió y acordo se hiciesse el dicho desagüe por las partes de la laguna de San Cristoval Ecatepec pueblo de Gueguetoca y sitio nombrado de Nochistongo con que el dicho desagüe se hiciesse de suerte que por el se pudiesse desaguar la laguna de esta ciudad sin que fuesse [ilegible] necesidad ondar la parte y lugar por donde a de yr encaminada el agua de la laguna de citlaltepeque y que desde luego se pusiese por obra y en execucion. (Pardo, 1608, f. 4)

El virrey de Velasco dio seguimiento puntual al desarrollo de la obra del desagüe en Nochistongo, realizando varias visitas durante el año de 1608. La obra avanzó rápidamente y antes del fin de año pudo constatar su funcionamiento:

Miercoles diez y siete del dicho mes y año [septiembre de 1608] salio su exelencia de dicho pueblo Gueguetoca a ver la obra del dicho desagüe serian poco mas de las siete de la mañana y fue por el camino que dicen va al pueblo de Nochistongo y se detuvo en la lumbrera nombrada de Villalobos donde se bio correr el agua al parecer de la laguna por el socavon hacia el fin del desagüe y prosiguiendo por el dicho camino fue a parar en el remate del socavon de donde se bio asi mismo salir el agua la qual con gran corriente y raudal proseguia su curso por el tajo avierto que comienza en el dicho remate del socavon y estendiendose cerca de ochocientas baras [ilegible] en un arroyo de una cañada que llaman de Nochistongo donde asi mismo se vio salir el agua del otro tajo abierto y caer en el dicho arroyo por el qual dicen ba a dar en el Rio de Tula y que sus aguas ban a la mar del norte [...] (Pardo, 1608, f. 9)

Esta etapa del trabajo correspondía a la primera parte del proyecto. Antes se advirtió que la visión del virrey implicaba el desagüe general. La idea de impedir el

afluente de agua al lago de México también se puso en práctica en otras zonas de la región lacustre. Por ejemplo en Chalco algunas obras enfrentaron resistencia social. Fernando de Villegas y labradores se manifestaron en 1608 con respecto a estas últimas:

[...] ante el dicho virrey sobre que las sanjas que Luis de Yllescas abia abierto en la dicha provincia [ilegible] de divertir por ellas ciertos rrios escusando que no entrasen en la laguna de Mexico heran en grande daño y perjuicio suyo y de sus sementeras por quitarles totalmente el agua con que las regaban y bebian sin que obrase de ningun efecto para que lo que se pretendia [...] (Pardo, 1608, f. 6)

Junto a las diferencias de opinión que la obra del desagüe suscitaba, los retos técnicos constituían su principal obstáculo. Enrico Martínez, como Maestro Mayor del Desagüe, dio cuenta al virrey de uno de estos problemas, de gran importancia en los años posteriores: la falta de permanencia de las obras en el socavón en Nochistongo porque su construcción se había hecho en terreno poco firme:

Henrico Martinez les propuso el cuidado advertencia y fin con que la dicha obra [ilegible] y que por averse encontrado en algunas partes del socavon tierra devil que de por ssi no tenia fuerza para poder sustentarse ni sustentar bobeda se avia apuntalado con tijeras, ristieles, tornapuntos y puntales de madera la qual aunque sirviese algunos años al fin avia de [ilegible] y podirse con la unidad del socavon el qual si por este efecto se cayesse seria muy dificultosso remediarlo que por esto y para asegurar y perpetuar la dicha obra del socavon les encargava y mandava confiriesen entre si el modo y forma que para ello se tendria [...] (Pardo, 1608, f.9)

Pocos días más adelante el virrey mismo solicitó a los expertos que ofreciesen una solución al problema planteado por Martínez y también que dieran su opinión para resolver el desagüe general, objetivo planteado desde un principio:

[...] en veinte del dicho mes su exelencia mando parecer en su presencia a los dichos Alonso Arias, Alonso Perez de Castañeda, Antonio de Rioja y Hernando Guitan maestros de arquitectura y Damian de Avila y Alonso Martinez asi mismo maestros de la dicha obra y les volvió a proponer presente el dicho Henrrico Martinez el estado que el dia de oy thenia la dicha obra pidiendoles que assi para la conservacion de lo hecho en ella como para proseguir lo que restaba asta conseguirse el desague de la laguna de Mexico a cuyo fin siempre se avia encaminado y enderazado esta obra y que lo uno y lo otro fuesse y quedarse mas seguro y permanente lo viesen y considerasen y tanteasen

en que forma y modo se podría hacer y diesen sobre todo su parecer para que este se siguiese y observase los quales aviendolo visto y entendido dixeran que ante todas cosas conuennia se hiciesse una conpuerta del principio de la laguna de Citlaltepeque en la parte del tajo abierto mas acomodado para ello que fuese de madera fuerte de suerte que pudiesse resistir el passaje de las dichas aguas de la laguna para que desaguado el socabon se pudiesse recorrer y ver el efecto que la dicha agua de la laguna se previniesse y usarse del rremedio necesario para que así lo [ilegible] en el dicho socabon como las demas partes del que mostrasen flaqueza no solo en las maderas sino tanvien en el plan de los socavones se pudiesen entretenir y remediar asta que se hiciesen los Remedios permanentes de paredes de piedra y cal y cerramientos de bobeda del material que mejor pareciesse en las partes que conuiniesse y que el Remedio que de presente estaba hecho en las dichas lumbreras y socabon de tijeras y apuntalados y el que se fuese haciendo recorriendose la dicha obra por persona de confianza e ynteligencia podria entretenerla por tiempo de un año. (Pardo, 1608, f.10)

En su origen, el desagüe general del valle surge como una obra emprendida con el respaldo del gobierno colonial. Luis de Velasco se apoya en su propia autoridad así como en la opinión de autoridades eclesiásticas y de científicos, como Enrico Martínez, para dar inicio a las obras. No obstante, el planteamiento del desagüe general no gozó de aceptación entre todos los actores involucrados, como los integrantes del cabildo. Estas contradicciones, más las limitaciones técnicas y económicas, serían determinantes para el rumbo de las obras y su mantenimiento.

3.4. El debate científico sobre el desagüe

3.4.1 La visión de la ciudad y del desagüe de Enrico Martínez

¿Cuáles fueron las contribuciones a la comprensión del problema por parte de los científicos que abordaron el problema de las inundaciones a principios del siglo XVII? Para intentar una respuesta se prestará atención a la figura central de Enrico Martínez, "[...] quien reunía en su versátil persona las funciones de ingeniero, impresor, astrónomo, escritor, matemático, astrólogo, naturalista y psicólogo." (Trabulse, 1996: 75-76)

Martínez desarrolló una visión integral de la ciudad en un esfuerzo de síntesis que documenta en el texto *Reportorio de los tiempos e Historia Natural de la Nueva*

España. Con ese trabajo, Martínez condensó una síntesis de diferentes temas de relevancia en la comprensión de la situación de la capital novohispana.

Ilustración 19. Portada del Reportorio de Enrico Martínez.



Fuente: <http://www.cervantesvirtual.com/obra/reportorio-de-los-tiempos-y-historia-natvral-desta-nueva-espana/> (23 de noviembre de 2015).

A continuación se presentan breves descripciones del contenido del citado texto, señaladas por el mismo Martínez:

Tratado Primero. Del mundo en general, y en particular de la región celeste; de la cantidad y movimiento de los cielos y planetas, con un lunario de los temporales que sirve desde principio del año mil y seiscientos y seis hasta fin del año mil y seiscientos y veinte, acomodado según el clima y temperamento de esta Nueva España.[...]

Tratado Segundo. En el cual se declaran las partes y calidades de la región elemental (Historia)[...]

Tratado Tercero. Sigue el tratado tercero, en el cual se proponen algunas particularidades de esta Nueva España.[...]

Tratado Cuarto. En que se enseñan algunas cosas de astrología pertenecientes al conocimiento de la calidad de una enfermedad, y de los términos y fin de ella.[...]

Tratado Quinto. En que se trae un discurso hecho sobre la magna conjunción de los planetas Júpiter y Saturno, que sucedió el 24 de diciembre del año 1603, en el noveno grado del signo de sagitario. (Martínez, E., 1600, ed 1991)

Martínez no era un intelectual superficial, sino que buscaba conformar una visión amplia y coherente de los fenómenos que afectaban a la capital novohispana. En su enfoque, los temas de astrología, historia y geografía tenían una confluencia que más tarde estructuraron su concepción del desagüe general del valle. Era un observador penetrante de los fenómenos naturales y buscaba identificar algunas tendencias relevantes de los mismos. Esto se ha constatado cuando, terminada la primera etapa del desagüe en Nochistongo, anticipó al virrey Luis de Velasco la falta de permanencia de la obra en el tramo del tajo debido a las características del suelo.

Años atrás, con la publicación del *Reportorio de los tiempos e Historia Natural de la Nueva España* Martínez diagnosticó una mala situación para la Ciudad de México en razón de los signos astrológicos. Esta argumentación fue cuestionada en su tiempo por otros científicos como da cuenta de ello José Sala Catalá (1992) en su trabajo sobre las inundaciones, las epidemias y la ubicación de la capital novohispana entre los temas científicos a comienzos del siglo XVII.

No hay que perder de vista que Enrico Martínez es un científico de su tiempo y que, lejos de ser infalible, su pensamiento es valioso en tanto que arroja hipótesis que contribuirán de modo importante a los cambios en la concepción de los problemas urbanos en la capital de la Nueva España. Además, ese pensamiento estuvo guiado por la convicción de la comprensión de los fenómenos naturales, tal cual podían ser estudiados en aquel tiempo:

Muy diferente es el significado de otra obra aparecida en el año anterior de 1606 *Repertorio e Historia Natural de la Nueva España* escrita por el cosmógrafo Enrico Martínez. Desde el mismo prólogo de la obra, Martínez pretende exhibir sin ambages la autoridad de la ciencia natural, en concreto de la Astrología, para la resolución de muchos problemas prácticos (...) (Sala, 1992: 148-149)

José Sala Catalá señala, además, que:

E. Martínez no tiene ningún reparo en afirmar lo que Juan Barrios no se atreve: '...como esta ciudad está situada en la parte del Occidente de la laguna (que es contrario a lo que las ordenanzas reales en razón de fundar nuevas poblaciones disponen), está dispuesta a ser mal sana...' (E Martínez, 1981: 184-185). (Sala, 1992)

Entre los críticos de la época más duros con la obra de Martínez se encontraba el médico Diego de Cisneros (2012) o Zisneros, quien advertía errores en el *Reportorio*: el cálculo del momento de la creación del mundo y diversos errores en el cálculo de la longitud de ubicación de la Ciudad de México. Estos errores son significativos pues sobre tales Enrico Martínez infería importantes conclusiones.

Martínez se suma a la discusión sobre la ubicación de la capital y fríamente examina su situación. De ese examen concluye que tanto inundaciones como epidemias son consecuencia de la mala decisión de fundar la capital en un sitio del valle poco propicio y que en el futuro los problemas continuarán. Examina el fenómeno de la desecación de la región lacustre como resultado del impacto de las actividades de los colonizadores y advierte cierta tendencia a la nivelación del lecho con el suelo de la capital:

Bien sabido es de todos que antes que los españoles viniesen a esta tierra los naturales de ella no tenían caballos ni ganado; tampoco se araba la tierra y las cuevas y laderas eran poco cultivadas; porque los indios, según dicen, labraban sus sementeras y milpas en tierra llana y sierras como estaba la tierra dura y apretada, descendían menos turbias que ahora en estos tiempos. Más después que este reino está poblado de cristianos, como la tierra se ara por muchas partes y la huella de continuo ganado y los caballos, es causa de estar movida y de que los aguaceros que vienen a parar a los llanos vengan envueltos con mucha lama y tierra, la cual se asienta en las partes más bajas, las cuales con esto van creciendo y subiendo poco a poco, hasta que vienen a empedrar con las demás tierras circunstantes. Refieren las historias que cuando los cristianos vinieron a México llegaba la laguna de ella por la parte norte, hasta el cerro de Tenayuca y por la banda del sur hasta el pueblo de San Mateo, y al occidente se extendía por todos los llanos entre Chapultepec y Tlanepantla. Al presente en algunas de las referidas partes (que conocidamente fue laguna) buenas heredades y labores, de donde se puede conjeturar que si en los pocos años que han pasado desde que los altos y contorno de la laguna se aran y labran, han los aguaceros traído tanta tierra a los llanos como que he referido y vemos, y han descarnado algunas tierras de los altos, de modo que está ahora en ella descubierto el tepetate, se puede presumir que por discurso del tiempo se alzar

el suelo de la laguna y la tierra en el contorno de la Ciudad de México de tal manera que venga a emparejar con la ciudad y aún sobrepujarla y respecto de que también el sitio de la ciudad (como lo más de ello es tierra movediza y salitrosa) se consume y baja con la humedad y peso de los edificios. Digo, pues, fundando mi parecer sobre las referidas razones, que la laguna de México y Texcoco no menguan, pues siempre entran en ellas las aguas que solían entrar, sino que el suelo y la tierra a la redonda de ella crece haciendo que se estreche y levante el vaso de ella, y podría ser por discurso de tiempo, llegar a tanto que la ciudad recibiese detrimento de ello. (Martínez, 1600: 180-181)

Martínez reconoció al valle como una región dinámica cuyos cambios anunciaban situaciones de riesgo que valía la pena anticipar y remediar. Al observar la problemática de la región en relación a las inundaciones, el ingeniero no pasó por alto que el problema era la ubicación de la ciudad y que las actividades productivas continuarían generando cambios en su entorno. Identificó el fenómeno de la variación del nivel del lecho lacustre y advirtió sobre las consecuencias de ese proceso.

Enrico Martínez construyó de manera clara una visión en la que destacan los siguientes aspectos:

- La ubicación de la ciudad. La ciudad se dispuso en el medio lacustre y su desarrollo tuvo como consecuencia que la decisión de ese proceso de urbanización no se pudiera revertir.
- La transformación ambiental. Los efectos de la actividad productiva traídos por los occidentales se dejaron sentir en la transformación acelerada de las condiciones ambientales en la cuenca: el aumento en el nivel del fondo de la laguna de México y la pérdida de bosques.
- Los signos astrológicos. En el marco conceptual de Martínez los signos astrológicos jugaban un papel determinante en la configuración de un escenario desfavorable para la ciudad.

Se puede apreciar que el diagnóstico de Martínez se apoyaba en argumentos teóricos y prácticos: sus cálculos para identificar la ubicación de la capital de la Nueva España y las relaciones que establece con respecto a los astros; su observación y análisis de los cambios regionales en la dimensión de los lagos, el nivel del suelo, así como sus efectos en la hidráulica de la Ciudad de México y de la región permiten ubicar la amplitud de horizonte con el que el cosmógrafo reflexionó en su momento la

problemática de las inundaciones. Su análisis persiguió la “objetividad” de la comprensión de los fenómenos naturales. En ese sentido era un hombre adelantado a su época.

Lo anterior le proporcionó a Martínez un marco de justificación para su planteamiento de desagüe del valle. Aún más, la obra proyectada para el desagüe se sostuvo en un juego de argumentos que articuló:

- La viabilidad económica de su propuesta. Junto a otras alternativas, el proyecto de Martínez era más económico.

- La posibilidad de ejecutar las obras en etapas que prometían resultados progresivos. Martínez tenía la idea de lograr un desagüe de la laguna de Texcoco, como una segunda etapa en su programa de intervenciones.

- La posibilidad de enviar fuera del valle el volumen de agua que significara amenaza para la ciudad. La propuesta de Martínez se encaminaba en una dirección de carácter más definitivo que otras, como medida de solución a la problemática de las inundaciones.

La postura de Martínez consistía en una combinación de diagnóstico científico y propuesta proyectual, con sentido de viabilidad técnica y económica. Así, fue la combinación de estos aspectos lo que le permitió encabezar las acciones de reorganización hidrológica del valle a lo largo de varios años.

3.4.2 Opiniones diferentes a la visión de Enrico Martínez

3.4.2.1 La crítica de Alonso Arias

Alonso Arias, ingeniero armero mayor del Rey (González Morales, 2011) estuvo a cargo de las obras emprendidas entre 1604 y 1607 para rehabilitar las albarradas en las lagunas, medida tomada para enfrentar en lo inmediato a las primeras inundaciones del siglo.

Más adelante Arias fue un crítico persistente del proyecto y obra del desagüe de Enrico Martínez. Es posible que tuviera motivos personales para cuestionar los

planteamientos de Martínez, pero en este trabajo se destacan a sus opiniones asociadas al proyecto y planteamientos técnicos para entender el problema de las inundaciones y el desagüe.

Las observaciones de Arias al planteamiento de Martínez, que serán empleados en el análisis, se encuentran contenidas en el texto *Relación legítima y verdadera* (De Cepeda, 1638, ed. 1980). En noviembre de 1611, en relación al beneficio que la obra del desagüe tuvo para la ciudad, Arias se pronunció del modo siguiente:

Y quanto al segundo punto que trata del provecho que de la obra se a conocido declaro ser ninguno porque por ella no a salido agua alguna de las lagunas desta ciudad que son las de Mexico y Tescuco la de Mexicalcingo, la de Chapultepec y la de San Christoval Ecatepec, porque la que ha salido asido solo de la laguna de Sumpango y Sitlaltepec, mediante la represa que le hizieron con una calzada por la parte del Pueblo de Sumpango, con que levantaron las aguas de la laguna dos varas. En cuya fabrica y repararla y hazerla las vezes que el agua la a rompido se an gastado muchos millares de pesos de oro superfluos y mal gastados, porque no a servido ni puede servir de otra cosa, mas que de represar y levantar las aguas de la laguna, para que pueda salir alguna agua della por la sanja del desagüe; la qual salido tampoco que no es de consideración, y aun esa, no de ordinario, sino mediante otra represilla, que para sus fines suele hacerle a tajo abierto del llano de Gueguetoca y la que ordinariamente corre por el desagüe, es la mayor parte della de los muchos manantiales que en el ay. (De Cepeda, 1980)

La observación de Arias con respecto a la finalidad del desagüe total del valle fue incorrecta, pues las primeras obras emprendidas tenían la intención de afectar lo que él reconoce, la laguna de Zumpango, y controlar el riesgo planteado por el caudal del río Cuautitlán al norte de la cuenca.

Arias señaló puntualmente diversos errores que Enrico Martínez había cometido en el desarrollo del proyecto. Uno fue el cálculo de la pendiente para el desagüe:

Porque segun la experiencia que tengo de las ocasiones que se an ofrecido en dar corriente a aguas, y lo que escriben los Authores mas graves de nuestra parte y mayormente Marco Vitruvio Principe de Arquitectura, se debe dar corriente a las aguas conduzidas y encaminadas no menos en cien pies de medio pie, y a este respecto, deviera tener el dicho desagüe sus corrientes y aviense de ahondar la dicha sanja hasta su devida profundidad (lo qual es imposible) por lo que ya declarado. (De Cepeda, 1980)

Es importante subrayar la referencia de Arias a Vitruvio para el desarrollo de la obra de infraestructura hidráulica en la época. El *argumento de autoridad* trata de evidenciar el trabajo improvisado de Martínez, quien posteriormente respondió por la precisión de las mediciones realizadas para calcular la pendiente.

Un segundo aspecto de la crítica de Arias se enfocó al tema de la causa de las inundaciones y de la capacidad del socavón de Martínez:

Y en tiempo de lluvias bajan de todas las cerranias que cerca en contorno las dichas lagunas en mas de 70 leguas en circunferencia, muchas corrientes con muy grandes avenidas, de que se hacen muchas y muy cuidadosos Rios que desaguan en las dichas lagunas. Mas es Dios Nuestro Señor servido que no ser ordinario el anegarse la dicha Ciudad, sino solo los años en que son generales las aguas en todas las dichas cerranias y cumbres, y entonces, aun caso que saliera de las dichas lagunas toda el agua que por la dicha sanja, y nuevo socabon pudiera caber, segun su poca capacidad, no fuera de efecto alguno, para librar la Ciudad de tan grandes inundaciones. (De Cepeda, 1980)

Arias le daba una gran importancia a la causa de las inundaciones originada en la diversidad de ríos cuyo caudal desembocaba en los lagos más bajos y cuestionaba que ese enorme volumen pudiera ser desalojado de modo eficiente por el socavón en Nochistongo. Aquí Arias establece una diferencia con respecto al diagnóstico de Martínez. Las inundaciones son producto de la afluencia del agua de las diferentes corrientes que desembocan en los lagos más bajos y no solamente del volumen de los ríos más caudalosos en el norte del valle.

Por su parte, Martínez responde a esta crítica de Arias señalando que el problema principal se debía al caudal de los afluentes en la laguna de Zumpango:

[...] las aguas del Rio Guautitlan, y avenidas de Pachuca y las demás vertientes de las cierras que a entrado primero en las lagunas de Sitlaltepec y Sumpango decienden a la de Mexico por los vertideros de la calzada de San Christoval. Y pues todos saben, es cosa cierta, que otras dichas aguas son las que ponen en peligro la ciudad [...](De Cepeda, 1980)

Arias advierte otros aspectos que ponen en entredicho la obra de Martínez: la mala elección del lugar para realizar el desagüe debido a su tipo de suelo, la deficiente obra de mampostería en el socavón y la fuerza del caudal del río Cuautitlán. Estos son

algunos de los principales planteamientos que lo llevan a concluir la falta de mérito del proyecto y la inviabilidad de las reparaciones de la obra que por ese tiempo se discutían.

La respuesta de Martínez fue puntual con cada uno de los aspectos criticados por Arias. No obstante, este breve debate fue significativo en la medida en que expuso controversia en términos del diagnóstico del origen de las inundaciones. Se trató de un debate con poca resonancia pero refleja la falta de consenso con respecto a la comprensión de las causas principales que provocaban la inundación de la capital novohispana.

Por otro lado, las críticas a la parte técnica de medición y cálculo del proyecto no serán las últimas y dejan entrever las limitaciones tecnológicas de la época para acometer una empresa de la complejidad del desagüe del valle, aunque sólo fuese ejecutado de modo parcial.

3.4.2.2 La alternativa de Adrian Boot

En 1614 llega a la Ciudad de México el ingeniero holandés Adrian Boot, enviado por la corona española ante el requerimiento de un experto. Contrario a la expectativa de un experto que lograra el desagüe total, Boot plantearía, -luego de un diagnóstico desarrollado en noviembre del año referido-, una visión alternativa a la idea del desagüe general. El texto de De Cepeda refiere la impresión de Adrian Boot con respecto a la inviabilidad de la obra y proyecto de Martínez:

Porque de la Calzada de San Christoval hasta la laguna represada del Rio Guautitlan ay de longitud 33U 650 baras, por lo cual seria necesario hacer una canal del mismo largor muy ancha, y honda, la qual costaria muy gran cantidad de dinero, mucho tiempo, y gran cantidad de gente, y un continuo y extraordinario gasto para poderlo sustentar y despues de acavado toda la dicha canal no seria de ningun efecto para el reparo desta Ciudad. Salvo si v. Excellencia y real Audiencia fuese servido, que aquella obra tan grandiosa y que tanto dinero a costado pueda hazer su efecto, para que el Rio Guautitlan se desaguase por el, lo qual es suficiente a mi parecer, conque las 3U baras del socabon viejo se pudiesen mejorar, y ahondar, y las 610 baras en el tajo abierto ahondar lo que fuese necesario para que tuviesemos aquel grande enemigo menos y no aguardasemos

sus avenidas, y para que esta Ciudad se fortificase. La qual dicha obra me parece en breve tiempo se podra acabar. (De Cepeda, 1980)

Para Boot, las obras realizadas por Martínez entre 1607 y 1608 son suficientes, aunque demandaban una reparación; en tanto que el problema de las inundaciones requería un enfoque distinto al planteado por el cosmógrafo.

En aquel año de 1614, Boot presentó una propuesta alternativa para la gestión del agua en los lagos que rodean a la Ciudad de México, consistente en los siguientes aspectos:

- Fortificar las calzadas de Chiconautla, San Lázaro y San Anton.
- Construir un canal desde la Piedad y Chapultepec hasta el Río de Guadalupe.
- Hacer cuatro canales para navegar con canoas desde el canal grande hasta la ciudad.
- Construir veinte compuertas, catorce instrumentos para pasar las canoas sin abrir las compuertas y sesenta puentes.

La propuesta de Boot sería rechazada por un grupo de expertos en razón de su costo, muy superior al demandado por Martínez para las reparaciones del desagüe.

En 1620 el cabildo de la Ciudad de México dio entrada a las ideas de Boot para ser analizadas. En una relación de aquel año, contenida en las Actas del Cabildo, el ingeniero holandés expuso con mayor detalle su opinión y argumentos para rechazar la obra del socavón y las propuestas de desagüe de Martínez. El debate del que a continuación damos cuenta se documentó con la consulta al Archivo Histórico del Distrito Federal, Fondo Ayuntamiento de la Ciudad de México, Sección Actas del cabildo paleografiadas, Vol. 359 A-364 A. He aquí las razones de Boot:

Lo primero por tener la laguna desta ciudad el pie de la calzada de San Cristobal hasta el principio del socabon de largos cuarenta y nueve mil quatrocientos y ochenta varas y que el mismo pie del socabon esta catorce varas mas alto que el superficie desta laguna algo imposible es que una gota de agua desta laguna pueda pasar por el dicho socabon porque el agua de su natural va siempre a su centro.

Lo segundo por ser el rio de Guatitlan catorce varas mas alto que el superficie de la laguna desta ciudad y que el mismo rio tiene de anchos trece varas y de ondo quatro varas hacen cinquenta y dos varas cuerpo de Agua y el dicho socabon no tener más que cinco varas de alto y de ancho tres varas y una quarta hacen diez y seis varas y una quarta de cuerpo de agua digo no puede pasar (el agua) por dicho socabon y habiendo dichas compuertas no pasan por el dicho socabon que de dos varas de agua en altos

que son seis varas y media cuerpo de agua y este en tiempo de aguas porque es tiempo de seca no puede pasar por dicho socabon el agua del dicho guautitlan sino durante dos o tres horas, por el repujo del dicho rio y agua que esta detenida entre dichas compuertas por cuanto el plano del dicho socabon y hasta tanto como el dicho rio.

Lo tercero en tiempo de aguas cuando el rio viene con grandes avenidas que habre la calzada que se hecho por separación del rio de Guautitlan y de la laguna de Citlaltepeque y Sumpango y vuelve corriendo en la laguna que es su madre. Asi mismo lleva el dicho rio gran cantidad de arena y tierra a la boca del socabon con lo que le tapa que apenas no puede pasar agua por el dicho socabon. (Boot, 1614)

En 1620 Boot radicalizó su postura en cuanto al proyecto de Martínez, pues sus señalamientos fueron más tajantes en cuanto a los errores de cálculo y en cuanto a la insuficiencia del socavón para dar salida a las aguas del río Cuautitlán. Esto último, sin embargo, es más bien consecuencia del deterioro de la obra del desagüe que ya tenía más de una década de haber sido iniciada.

En aquel año de 1620, Martínez y Boot debatieron en torno del momento adecuado para realizar una inspección del funcionamiento del desagüe. Boot recomendaba realizar la observación durante el periodo de secas, con la finalidad de poder mirar el desagüe con menos agua. Martínez por su parte recomendaba realizar la observación en los días de mayor crecimiento de las aguas, para poder comprobar la eficacia de la obra.

En 1622, a petición del cabildo de la ciudad, Boot presentó nuevamente su diagnóstico sobre el desagüe. Señaló que la causa principal de las inundaciones era la cantidad de agua que se precipitaba sobre la laguna de México como consecuencia de los múltiples ríos que descendían desde los cerros circunvecinos:

Ratificandose primero y ante todas las cosas en los dichos pareceres que tiene dados y que aclarandose mas en ellos para que se entienda la calidad de la obra y que aguas son las que causan inundacion en esta ciudad propone por causa principal que mexico esta en una oya que la rodean sesenta y cuatro leguas pero mas o menos en contorno de serranias y volcanes cuyas bertientes acuden a ella como parte mas baja y entran en las lagunas que asi la rodean y en las mas principal que es la de mexico y tescuco que esta laguna tiene diez y seis leguas debajo y dos varas y media en lo mas profundo poco mas o menos esta la laguna de mexico y tescuco que es donde ocurre la gruesa del agua no tiene desagüe ninguno. (Boot, 1622)

Y más adelante Boot señala:

[...] conforme lo cual no es bueno este desagüe por ninguno de los dos tiempos y los que la dañan como tiene dicho son las aguas que van cayendo de la serranía que estan detras de mexico encima del que como no tienen canales para respirar y salir a la laguna grande se retiran a las partes mas bajas y estos son los que causan el daño e inundación y los que no se pueden conducir por el dicho desagüe mediante lo cual haya por cierto e infalible que el dicho desagüe no es necesario [...] (Boot, 1622)

Los años que Boot había pasado en la Nueva España le permitieron tener un diagnóstico de las causas de las inundaciones y argumentar por dos vías la ineficacia de la obra del desagüe: por una parte, el que las inundaciones no tuvieran un origen principal en el crecimiento de las lagunas al norte de la cuenca y por otro, la mala calidad del suelo en el que se construyó el desagüe. Sus recomendaciones fueron las siguientes:

Que la calzada de san lazaro se refuerce con fagina y cespedes para hacer una separación de la laguna y de el agua questa retenida alrededor de mexico y en la dicha calzada es menester poner compuertas a su peso y medida para que cuando vengan las avenidas de las tierras se abran las dichas compuertas y reciba la laguna grande como parte mas baja el agua de las dichas serranias y cuando vinieren las avenidas de Pachuca las dichas compuertas se serraran ellas mismas como se usa en olanda y otras tierras que tienen las mismas plagas questa ciudad. Asi mismo es menester hacer canales abiertas para que el agua que viene de las dichas serranias desaguen por ellas y entren en la dicha laguna.

Es menester ahondar las acequias y apretillallas atar sus calles y dalles corrientes a las acequias y guardandose con esto la ultima determinación que el señor marquez de Montesclaros hizo el año de seiscientos y cinco [...] (Boot, 1622)

Boot insistía en su propuesta de establecer un sistema de control del lago de México mediante el reforzamiento de la albarrada de San Lázaro y la mejora de los canales y acequias en la ciudad.

En 1624 Enrico Martínez respondió a la crítica de Boot, presentando la evidencia del crecimiento del nivel del lago de México como consecuencia de dos fenómenos: el aumento del nivel del lecho lacustre a causa del acarreo de tierra a lo largo de los años y de permitir la entrada del río Cuautitlán en el lago de Zumpango:

Enrico Martinez maestro mayor que fui de la obra del desagüe digo que a todas personas cursadas en la comarca desta ciudad de Mexico les es manifesto que la laguna grande della es agora menos capaz de lo antiguamente solia ser porque la tierra

que han traido y traen las vertientes de mas de setenta leguas de circuito se la asentado y asienta en las orillas y en el suelo della con lo cual se ha estrechado de manera que cualquiera mediana abenida de sus ríos la inundan. Si mismo es notorio que en los tiempos de aguas solo el río Cuautitlan trae tanta como todos los demas rios juntos que entran en la dicha laguna y que en todo el tiempo que salio por la obra del desagüe ha estado la dicha laguna baja de modo que nunca el agua de ella llevo a la albarrada de San Lazaro y con esto vertian en ella las aguas de la laguna de Chalco cuando era menester y las acequias y ejidos y estaba esta dicha ciudad libre de inundaciones y este buen efecto era mas seguro por haber el señor marquez de Gelvez virrey que fue desta nueva España hecho encaminar el río de Escapuscalco por su madre a la dicha laguna tolo lo cual ha cesado por haber vuelto a entrar en ella el dicho río de Cuautitlan pues vemos que sin haber sido el año pasado de seiscientos y veinte y tres de muchas aguas crecio de manera que no solo no vierten ya en ella las dichas acequias y ejidos mas antes todo esto se ha llenado con el agua de la misma laguna y esta toda a un mismo peso y se ve que con ser casi pasando el tiempo de la seca y todavía cerca de media vara de cuerpo de agua sobre los dichos ejidos y al pie de la dicha albarrada habiendo de estar por este tiempo las dichas partes secas según que lo estaban los años presedentes cuando no entraba el dicho río en la dicha laguna y se puede temer que continuamente su entrada en ella vendra a crecer tanto que aniegue y destruya esta dicha ciudad [...] (Martínez, 1624)

Martínez se contaba entre los expertos más conscientes del poder del agua en la cuenca, sobre todo durante la temporada de lluvias, y por ello no quitaba su atención sobre la importancia del desagüe del río Cuautitlán mediante la obra que dirigía.

3.4.2.3 Las propuestas de Andrés de San Miguel

Andrés de San Miguel (Andrés de Segura, ver nota biográfica en la Tabla 3), fraile carmelita y arquitecto, realizó diferentes análisis de las obras del desagüe, sobre todo en la década de los años de 1630, pues tras la muerte de Enrico Martínez en 1632, quedó a cargo de las mismas. Hemos analizado un par de documentos desarrollados por él, el primero de 1631, conservado en el Archivo General de la Nación y el segundo de 1636, en la *Relación Universal Legítima y Verdadera del Sitio en que está Fundada la muy Noble, Insigne y muy Leal Ciudad de México, cabeza de la Provincia de toda la Nueva España*.

Tabla 3. Nota biográfica de Andrés de San Miguel

Sobre Andrés de San Miguel la Enciclopedia de México dice lo siguiente:

Andrés de San Miguel (Andrés de Segura). Nació en Medinasidonia, España, en 1577; murió en Salvatierra (Gto.) en 1644. Estudió matemáticas. En 1592 pasó a Sevilla y en 1594 a la Nueva España, aunque ese mismo año decidió regresar a su patria. En el canal de Bahama naufragó la nave en que viajaba y al cabo de 12 días, a bordo de una lancha, recaló en la costa de Florida. Hizo entonces la promesa de entrar en la Orden de los Carmelitas si se salvaba. Una fragata del rey lo llevó a La Habana, aunque en el trayecto fue asaltada por los piratas. Volvió a Cádiz (1595), y tras nuevos percances se embarcó por segunda vez rumbo a México (1597). Tomó el hábito carmelita en el convento de Puebla (1598) y se dedicó a la arquitectura. Trabajó en el convento de Celaya, aunque no se sabe si restauró el viejo edificio o construyó uno nuevo; erigió el ermitorio del Desierto de los Leones (1606-1614), el convento de San Ángel, próximo a la ciudad de México (1615-1617), y el de Salvatierra, y un puente sobre el río Lerma. Se le atribuyen los monasterios de Morelia y Puebla. Dejó un grueso volumen de manuscritos que se conservan en la Universidad de Austin, Texas, en el cual se hallan muy diversos trabajos, entre otros: Qué cosa sea la arquitectura, De los cimientos de los edificios, Descripción del templo de Salomón, Fábrica de relojes horizontales, Algunos tratados de astronomía, Tratado de plantas y frutas de la huerta del Colegio de San Ángel, Chimalistac e Informe acerca del desagüe de México. Este último texto se publicó en Anales del Museo Nacional (1891). (Álvarez, 1987: 7217-7218)

Fuente: Álvarez, 1987, Enciclopedia de México.

Andrés de San Miguel cuestionó con dureza los trabajos de Enrico de Martínez. No obstante, a diferencia de otros críticos, apoyaba de manera enfática la construcción del desagüe general, pues consideraba que sólo de ese modo se pondría a salvo de manera definitiva a la ciudad de las inundaciones.

De San Miguel reconocía que el hundimiento del suelo de la ciudad constituía un factor frente al cual no había una solución mejor que el desagüe para evitar inundaciones. No era el primero en reconocer esta problemática. Al igual que Enrico Martínez encontró en este tema una situación crítica para la ciudad en el futuro.

Otro aspecto que Andrés de San Miguel identificó fue el aumento de la cantidad de lluvia en el valle durante los años en torno a 1630, como un factor que hacía necesaria una intervención mayor para eliminar el peligro de inundaciones.

Así, los dos factores señalados fueron determinantes en el diagnóstico planteado por el arquitecto para pronunciarse por el desagüe general como única alternativa viable en la problemática.

La parte principal del trabajo documentado de San Miguel se orientó a fundamentar una propuesta de intervención, que en su momento más acabado consistió en proponer la construcción de un tajo abierto en el sitio del socavón de Enrico Martínez. Para Andrés de San Miguel el socavón era inviable en varios aspectos: su pendiente presentaba errores de cálculo y era insuficiente para desalojar el agua y arrastrar consigo la tierra que pudiera obstaculizar su cauce. En cambio, desde su perspectiva, un tajo abierto podría tener la pendiente suficiente para desalojar el agua de la laguna de México y arrastrar consigo los posibles obstáculos causados por desprendimientos de tierra.

La propuesta del arquitecto definió el futuro del desagüe por el resto del periodo colonial. Una vez que fue nombrado a cargo de la obra se inició la construcción del tajo abierto, proyecto que se prolongó en su ejecución hasta finales de la etapa novohispana. Vera Candiani (2014) examina con detalle la concepción del proyecto de San Miguel. La investigadora propone una interpretación muy interesante sobre el proyecto del tajo abierto, fundamentado en una concepción de geometría euclidiana, dominante en el pensamiento de los frailes hasta mediados del siglo XVIII y quienes continuaron encabezando las obras del desagüe. Candiani identifica que con la asignación de la obra a los ingenieros militares, a partir de la segunda mitad del siglo XVIII se inicia también un cambio profundo en la concepción científica del problema del desagüe, en tanto que los ingenieros tenían otras bases conceptuales e instrumentales para el desarrollo de infraestructuras, así como estilos diferentes de interactuar socialmente. Lo importante a destacar es que en la visión de Candiani, Andrés de San Miguel inaugura un modelo de pensamiento sobre la obra del desagüe que prevalecerá la mayor parte del periodo colonial y que en cierta medida será este modelo el

responsable de que el pensamiento científico moderno no penetrara con más fuerza en la concepción del desagüe. Otro tanto abonaron factores regionales y sociales para que el pensamiento científico de los ingenieros militares no modificara ni la concepción ni los sistemas de trabajo en la *Máquina del desagüe*.

En el documento de 1631 De San Miguel propuso, junto con el desagüe general, la construcción de una zanja que ciñera a la Ciudad de México, como una barrera efectiva para controlar las contingencias generadas por la laguna de México. Casi dos siglos después el arquitecto Castera propondría una idea similar a la de San Miguel.

3.5 Los aportes del debate científico

Los aspectos del debate entre Martínez, Boot, Arias y San Miguel nos permiten observar una variedad de temas.

En primer lugar, la discusión sobre la pertinencia o no del desagüe total partía de diagnósticos diferenciados sobre la causa de las inundaciones. Tanto para Arias como para Boot las inundaciones eran resultado de que en los lagos de México y Texcoco se vertían en demasía una gran cantidad de afluentes de su alrededor. No desconocían la influencia que los lagos de Zumpango y Ecatepec tenían en el crecimiento de los lagos de Texcoco y México, pero enfatizaban el comportamiento hidrológico del valle como una totalidad. Martínez, por su parte, no desconocía la relación del valle con su intrincada red de vertientes hidrológicas, pero estaba más atento a prever el comportamiento de los afluentes de mayor volumen. En la mentalidad de estos expertos se encontraba presente la idea de descubrir una causa eficiente para explicar el problema de las inundaciones.

El diagnóstico de Martínez era correcto y desgraciadamente la catástrofe de 1629 lo puso en evidencia, pues la gran inundación fue producto, entre otras razones, de la canalización de las aguas crecidas que debían desviarse fuera del valle por el tajo de Nochistongo. Esta catástrofe fue resultado de la combinación de acontecimientos fortuitos y naturales, es decir, de riesgos contruidos socialmente en tanto que se

conjuntaron una operación inadecuada del mecanismo del desagüe parcial y la presencia de lluvias abundantes.

Por su parte, los diagnósticos de Arias y Boot no faltaban a la verdad. Efectivamente, el crecimiento de las lagunas centrales estaba influenciado por la gran cantidad de arroyos y ríos que ahí se vertían. No obstante, una inundación de grandes dimensiones, como la de 1629, no podría explicarse solamente por el funcionamiento hidrológico regular del valle. Es decir, al diagnóstico del problema de las inundaciones como resultado del crecimiento anual del nivel de los lagos, -ocasionado a su vez por el periodo de lluvias-, le falta la productividad lógica de una causa que explicara un crecimiento fuera de lo observado habitualmente.

Otro eje del debate científico giró en torno de la obra de Martínez en Nochistongo, el túnel y el tajo para generar el desagüe parcial. En cuanto a este tema, Arias y Boot advirtieron los errores de cálculo de pendientes, así como en el ancho y la profundidad de la obra. Martínez reviró en diferentes ocasiones sobre la validez de sus cálculos. La falta de instrumentos técnicos para la medición precisa fue un factor relevante que limitó el cálculo adecuado de factores críticos para la proyección y buen funcionamiento de la obra.

Para verificar la eficacia del desagüe, Boot requería que las vistas de ojos se llevaran a cabo durante el periodo de secas; posiblemente porque podría evidenciar los errores de cálculo de lo construido. Martínez alegaba que la observación debería llevarse a cabo con las lluvias, para mostrar el funcionamiento eficaz del desagüe. Mientras que el segundo apostaba por la contundencia de una evidencia temporal, el primero argumentaba apelando a la imprecisión de las mediciones. Esta parte del debate sienta un precedente sobre el diagnóstico del problema de las inundaciones. El periodo del año durante el cual se practica un diagnóstico de la operación de la infraestructura influye de manera significativa en lo observado.

Una tercera fuente de diferencias fue el requerimiento financiero para emprender los proyectos. En virtud de los diagnósticos diferenciados de Martínez y de Boot los proyectos persiguen objetivos distintos, pero en no pocos momentos el referente económico se convirtió en el factor decisivo sobre las obras y sus alcances.

Los efectos sociales del proyecto de desagüe fueron amplios, pero su discusión ocupó sobre toda la intervención inicial de Martínez, pues la cantidad de fuerza de trabajo necesaria se expresó en la incorporación de muchos trabajadores indígenas a la obra, quienes quedaban imposibilitados de desarrollar las ocupaciones que les fueran más rentables a los españoles.

Un aspecto que hay que exaltar es que los diferentes debates que sostuvo el Maestro mayor de la Máquina del desagüe no pueden interpretarse como la confrontación de una visión bien delimitada frente a una oposición única. Por el contrario, Martínez expresa un punto de vista en un concierto amplio de diversos planteamientos sobre la problemática de las inundaciones y la gestión hidráulica del Valle de México.

Si los debates se pueden interpretar con una óptica maniquea es porque a las autoridades integrantes del cabildo de la ciudad les interesaba mostrar la existencia de una opinión contraria a la *Máquina del desagüe*. Pero la realidad es que durante los primeros treinta años del siglo XVII se expresó una diversidad de pensamientos acerca de la gestión hidráulica del valle que apuntaban en diversos sentidos. Se ha pretendido que la confrontación que recibió Martínez es la muestra de que desde una época temprana ha habido dos visiones en pugna sobre la gestión hidráulica de la cuenca. En esta investigación se sostiene que dicha interpretación es errónea. Los expertos opositores de Martínez no integraban un grupo homogéneo, sino que cuestionaron diversos aspectos del proyecto y obras de Martínez en función del momento, sus intereses particulares y conocimientos respectivos. Boot y Arias se inclinaban por mecanismos de contención, pero sus propuestas, entre sí, eran diferentes en cuanto a sus alcances. Martínez y De San Miguel perseguían la concreción del desagüe, pero diferían en los planteamientos de las obras necesarias para lograrlo. Junto a esas opciones diversas se especulaba la posibilidad de una alternativa con la búsqueda del sumidero dentro del valle.

El desagüe se comenzó a consolidar como el objetivo de gestión hidráulica de la cuenca, pero en términos del conocimiento científico y de la formulación de proyectos de infraestructura hidráulica la idea del desagüe también avivó la necesidad de

profundizar en la comprensión de las causas de las inundaciones y en la generación de ideas alternativas.

3.6. Los aspectos políticos, sociales y económicos en torno del debate científico

El entorno político del debate colonial sobre el desagüe constituyó un aspecto definitivo en el curso de su desarrollo. En 1607 el virrey Luis de Velasco promovió esta discusión al convocar a la presentación de proyectos para lograr el desagüe y posteriormente con las consultas que realizó entre los expertos, los grupos eclesiásticos y el cabildo. Los virreyes en turno tenían la necesidad de concertar acciones como las obras para el desagüe en virtud de los montos financieros y de recursos humanos requeridos en su ejecución. Además, los gobernantes precisaban del respaldo de las autoridades religiosas y civiles locales, con la finalidad de obtener resultados adecuados a sus expectativas.

Diversos historiadores (Gurría, 1976; Everett, 1975; Schell, 1979) y otros expertos como Humboldt (1822) han coincidido en señalar que la falta de capacidad de gestión de las autoridades virreinales fue uno de los motivos para el lento y errático desenvolvimiento de las obras del desagüe colonial. Evidencia de ello fue la confrontación del cabildo de la ciudad con Enrico Martínez desde 1614 y durante la siguiente década. Los integrantes del cabildo eran renuentes a mantener el apoyo financiero a las obras dirigidas por Martínez en virtud de que resultaban onerosas y que su eficacia tenía cuestionamientos ineludibles.

Los virreyes que recibieron las obras emprendidas no disponían de información suficiente para la toma de decisiones. Por ejemplo, el Marqués de Gelves (virrey de 1621 a 1624) se vio en la necesidad de demandar información sobre la cantidad de lluvia precipitada en el valle en virtud de que tal parámetro podría ser significativo para proseguir con el apoyo a la *Máquina del desagüe*. Desde luego que lograr aquella estimación sería una proeza que superaba las capacidades tecnológicas de los expertos de aquel entonces.

Socialmente la obra del desagüe carecía del respaldo entre los habitantes de la ciudad y los pueblos del valle. Alain Musset (1986) ha planteado una tesis por demás interesante al respecto: las obras del desagüe son la expresión del choque social del grupo colonizador frente a los habitantes originarios, que tenían en la región lacustre la fuente de su sustento. Para los conquistadores, el dominio de la región lacustre no sólo significaba un reto técnico o una meta para la prevención del desastre, sino un mecanismo de control social en el marco de un proceso de conquista que no había alcanzado su total concreción.

Por otro lado, la fuerza de trabajo para la ejecución de las obras era proporcionada por los indígenas de los pueblos del valle, lo cual generaba tensiones entre los criollos y peninsulares por el desvío de aquella fuerza de trabajo fuera las actividades productivas cotidianas. En ese sentido, la *Máquina del desagüe* no era solamente el resultado de un proceso de dominio colonizador, sino también, fuente de discordia sobre la asignación de recursos económicos en el valle.

En consecuencia, el financiamiento de la *Máquina del desagüe* fue uno de los aspectos más cuestionados a nivel de las autoridades y de la sociedad. El financiamiento se estableció con base en un impuesto especial para el vino, lo cual afectaba intereses de comerciantes y de los consumidores en general.

Tanto en lo económico como en lo político y social, el desarrollo y el mantenimiento de la *Máquina del desagüe* enfrentaban un entorno adverso. Desde luego, el debate científico en torno de las inundaciones y del proyecto de desagüe no podría quedar desvinculado de ese contexto. Paradójicamente, aquellas condiciones alentaron la discusión y presentación de alternativas en cuanto al tema, es decir, le dio impulso al debate científico.

3.7 Las ideas y las obras, su relevancia en el tiempo

En medio de la fuerte discusión científica entre los expertos había una coincidencia, que no hay que pasar por alto: la intención de preservar a la capital novohispana en su sitio.

Sobre este aspecto se teje una diversidad de visiones que expresan diagnósticos diferenciados del origen de la problemática: las obras emprendidas bajo la dirección de Enrico Martínez, con un punto de vista centrado en la influencia del crecimiento de los ríos en el norte de la cuenca y su papel en la amenaza de inundación, y por otro lado, la de sus críticos, que advertían con mayor prioridad el efecto del conjunto de las vertientes del valle sobre los lagos.

Con su propuesta, Martínez perseguía una respuesta definitiva que implicaba la premisa de la previsión del riesgo; es decir, erradicar la amenaza con la instrumentación de una infraestructura capaz de desalojar grandes volúmenes de agua fuera del valle.

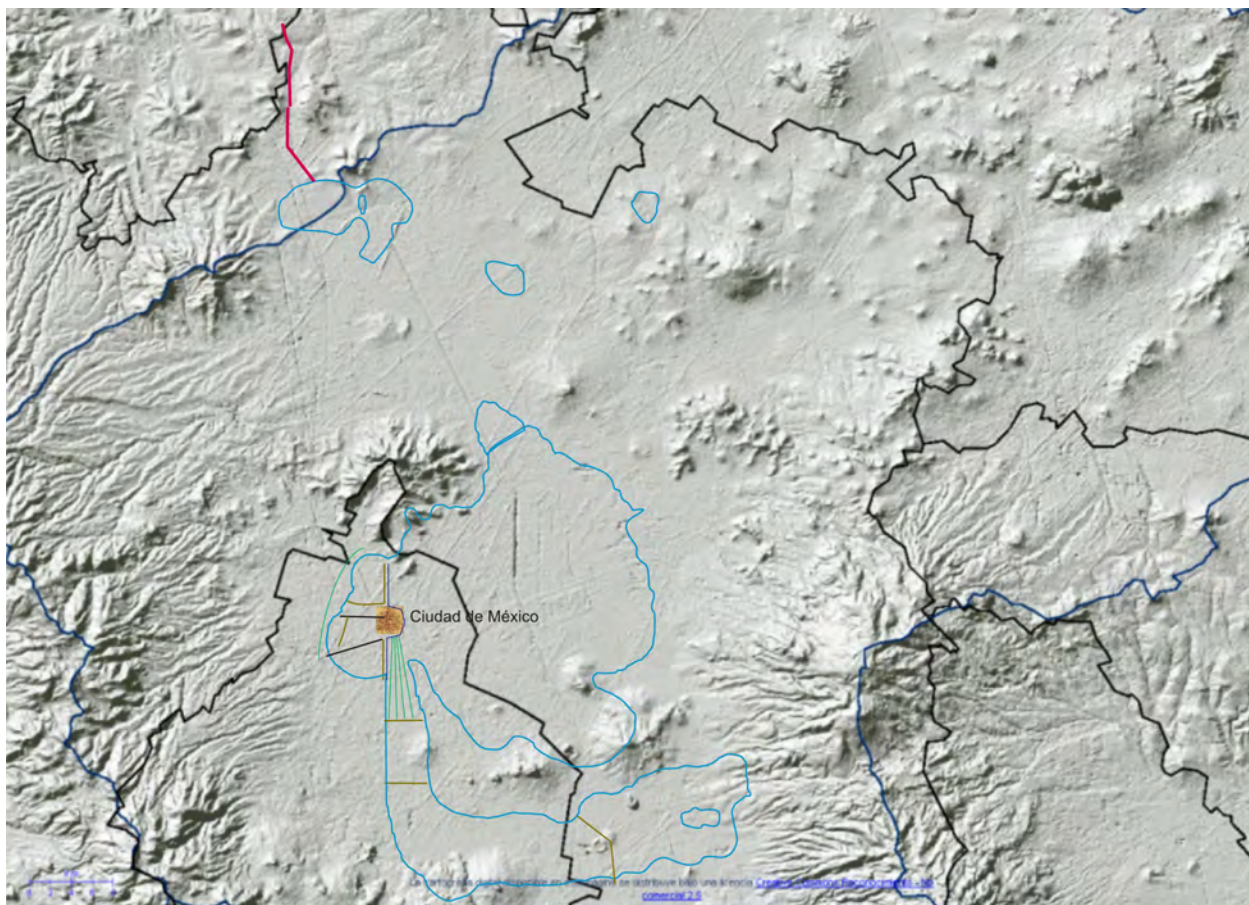
El planteamiento de Martínez para el desagüe general no tenía la posibilidad de realizarse debido a diversos factores como la falta de recursos o la insuficiencia de los cálculos técnicos realizados. No obstante, su proyecto implicaba una intervención mayor en la cuenca lacustre mediante una alteración muy significativa del funcionamiento hidráulico de la misma. Ese objetivo fue compartido por uno de los principales críticos del proyecto, Andrés de San Miguel.

En el otro sentido, la crítica de personajes como Adrian Boot partía de una premisa orientada a la gestión del riesgo, con la propuesta de desarrollar una infraestructura que permitiera la regulación del crecimiento de los lagos dentro del mismo valle y en las inmediaciones de la ciudad. Estas propuestas le daban continuidad a las obras emprendidas por Alonso Arias a principios del siglo.

Las propuestas de Boot tenían la intención de configurar un sistema de contención del crecimiento de las aguas, que a su vez posibilitara el uso de los lagos como vías de transporte.

En el mapa siguiente se puede apreciar el contraste entre las obras emprendidas por Enrico Martínez y las propuestas formuladas por Adrian Boot. En la parte superior se aprecia la ruta seguida por Martínez para ejecutar el tajo y el socavón en Nochistongo. En la parte inferior, sobre el área comprendida por el lago de México se presentan las propuestas de prevención sugeridas por Adrian Boot (ver ilustración 20).

Ilustración 20. Los proyectos de intervención de Martínez y Boot

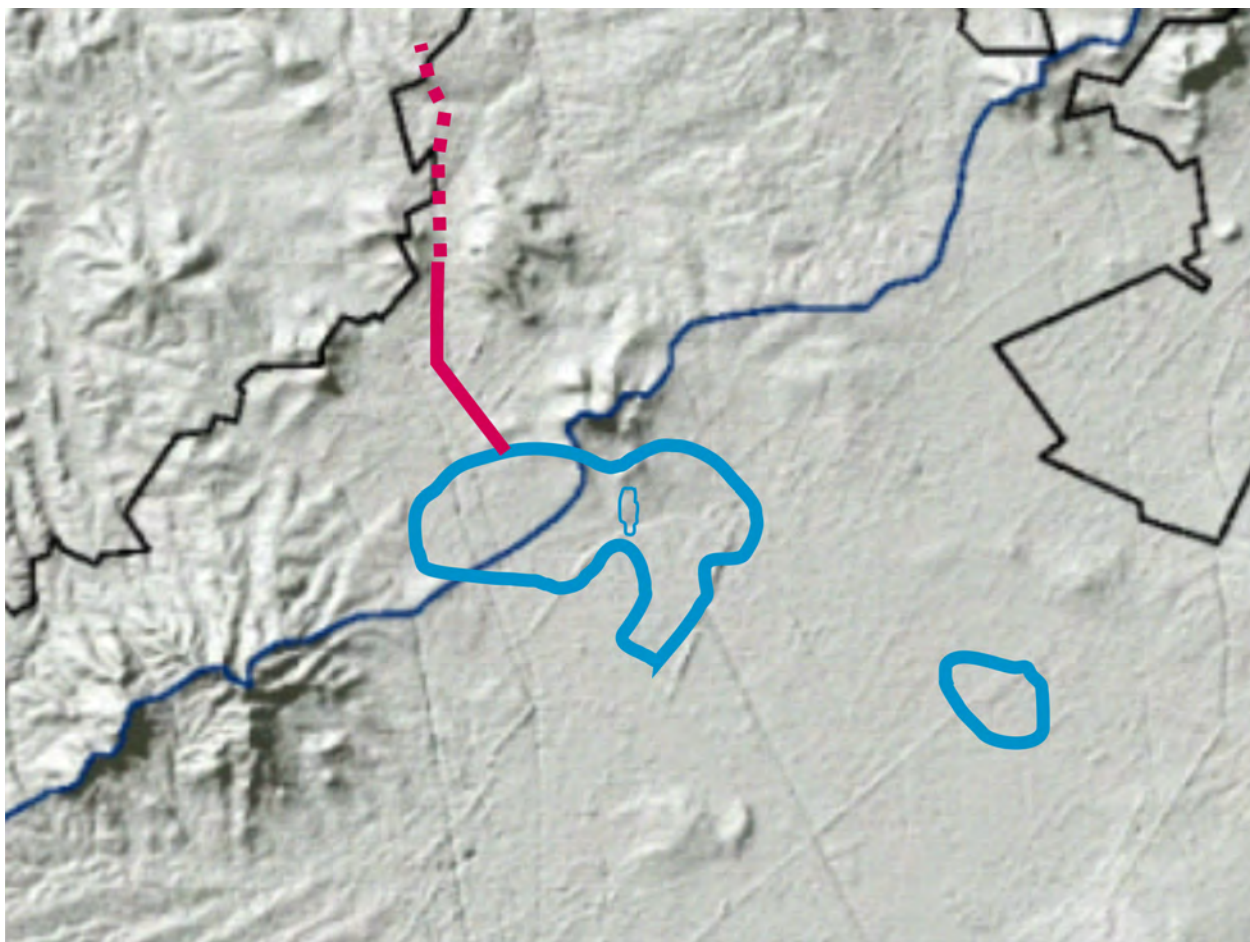


Fuente: elaboración propia con base en la cartografía de la época e información de CONABIO.

- Socavón y canal de Nochistongo. Enrico Martínez, 1608.
- Canales propuestos. Adrian Boot, 1620.
- Calzadas propuestas. Adrian Boot, 1620.
- Albarrada y compuertas propuesta. Adrian Boot, 1620.
- Límites de lagos basados en el plano de E. Martínez. 1608

El proyecto emprendido por Martínez tenía la particularidad de buscar una solución más definitiva a las condiciones cambiantes del valle, que él mismo reconoció en su diagnóstico. Con su proyecto, de aproximadamente 15 kilómetros de longitud, dio inicio a un proceso de transformación deliberada de las condiciones físicas del valle.

Ilustración 21. Detalle de la obra de Martínez.



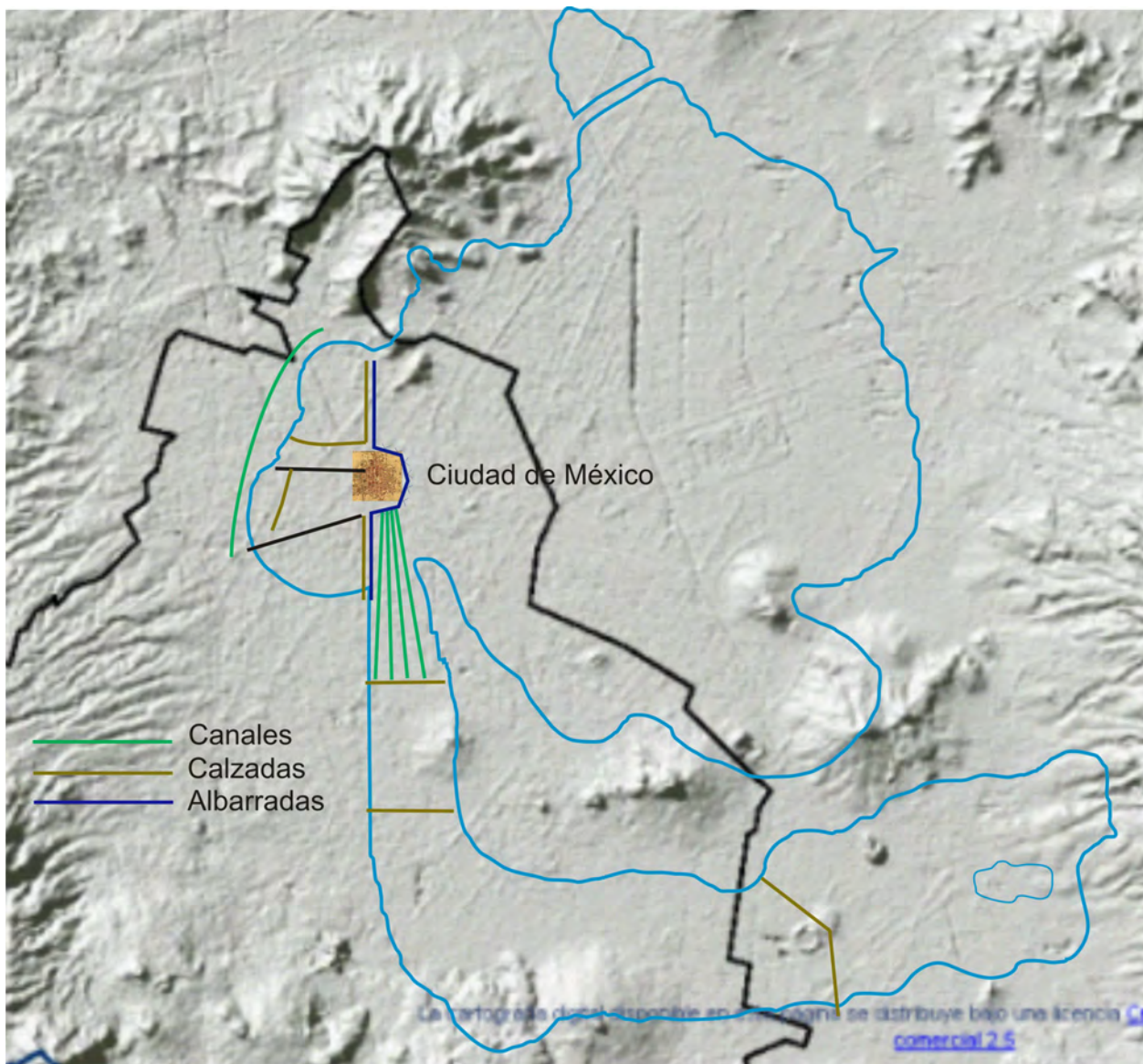
Fuente: elaboración propia con base en la cartografía de la época e información de CONABIO.

- Canal de Nochistongo. Enrico Martínez, 1608.
- - - Socavón de Nochistongo. Enrico Martínez, 1608.

Adrian Boot propuso una alternativa a lo realizado por Martínez. Su planteamiento se orientaba más hacia la gestión de las aguas dentro del valle,

buscando una articulación de las actividades económicas mediante las infraestructuras de transporte, con las actividades de prevención de inundaciones y de regulación del nivel de las aguas, mediante albardas y múltiples compuertas en la frontera de la ciudad con el lago de México.

Ilustración 22. Detalle del proyecto de Boot.



Fuente: elaboración propia con base en la cartografía de la época e información de CONABIO.

Se puede apreciar que el debate sobre los diagnósticos y los proyectos hizo una contribución al desarrollo de la reflexión científica y proyectual de la problemática, cuya síntesis se alcanzó a formular en la *Relación Universal Legítima y Verdadera del Sitio en que está Fundada la muy Noble, Insigne y muy Leal Ciudad de México, cabeza de la Provincia de toda la Nueva España* de 1636.

Así planteadas las cosas podemos comprender que las ideas de solución a la problemática de las inundaciones fue un tema de desarrollo de infraestructura, es decir, un problema de diseño con evidentes repercusiones en el ámbito de la configuración urbana novohispana.

Con el paso del tiempo, las posturas irían encontrando algunas coincidencias, como la necesidad de realizar una explotación sistemática de los recursos hidráulicos mediante su gestión y el desalojo controlado del agua lacustre.

La idea central en esta conclusión es que el planteamiento del tema como un problema de diseño antecedió a la configuración del problema científico. Tanto Martínez como sus críticos argumentaban el diagnóstico de modo paralelo a la viabilidad de su propuesta de solución, y conforme los acontecimientos se sucedían, se implicaban los efectos generados por el desarrollo y mantenimiento de las obras. Sólo como consecuencia de este proceso y de los acontecimientos de 1629 se vio la necesidad de su sistematización global y por escrito.

Un segundo aspecto que hay que subrayar es la noción de sustentar la permanencia de la ciudad. Con su texto de *Reportorio de los tiempos e Historia Natural de la Nueva España*, Martínez da cuenta del carácter crítico del asentamiento de la ciudad en la región lacustre y con su diagnóstico sobre el incremento del nivel del suelo en la misma región, -como consecuencia de las actividades productivas occidentales-, advierte la necesidad de reconocer los límites de la relación ciudad-territorio y la urgencia de actuar de modo radical sobre el medio físico. Por su parte, Boot reconoce una interacción entre la estabilidad del suelo de la ciudad y el medio lacustre, y con ello aporta una noción sistémica de la ciudad y el espacio territorial. Andrés de San Miguel advierte la urgencia de buscar una solución definitiva mediante el desagüe general como guía de toda la gestión hidráulica del valle, al tiempo que busca evitar las

contingencias inmediatas con una zanja que aisle a la ciudad. Arias es agudo al señalar la necesidad de intervenir con precisión en la estimación de los cálculos técnicos en cuanto a las propuestas presentadas.

Observada como conjunto, la síntesis del diagnóstico de la problemática de las inundaciones, que resultó del debate entre los expertos a lo largo de las tres primeras décadas del siglo XVII, sentó las bases del abordaje científico del problema en los siglos posteriores y abonó en cuanto a configurar una primera noción de la viabilidad futura de la ciudad, es decir, de su sustentabilidad.

Anexo al capítulo 3: Alzate, una visión trascendente en la concepción científica de la hidrología del valle

José Antonio Alzate y Ramírez, teólogo y astrónomo novohispano, vivió entre los años de 1737 y 1799. Se distinguió por la profundidad de sus trabajos científicos y astronómicos. Trábulse (1996) lo sitúa como un precursor de la ciencia moderna en el territorio nacional y en toda América.

En el año de 1768, Alzate publicó una propuesta para desarrollar el desagüe del Valle de México. Años más tarde, en 1787, el científico ofrece nuevamente su proyecto a la lectura, pues juzga que su primera presentación fue poco conocida.

La propuesta de Alzate consistió en lograr el desagüe mediante la localización de las oquedades y conductos subterráneos que comunican los volcanes de la cuenca con el subsuelo. Consideraba que estas oquedades podrían contener un gran volumen de agua, dado el tamaño de los volcanes y recordando la experiencia del pronto desagüe que algunas lagunas lograban al desalojarse a través del suelo:

México se halla muy elevado respecto de los territorios circunvecinos; en sus inmediaciones se hallan volcanes extinguidos; abajo de estos necesariamente formadas grandes concavidades, pues establézcase un canal que comunique con algunas de esas oquedades, y se conseguirá un desagüe seguro y de bajo costo. (Alzate, 1980: 205-206)

Incluso, el autor advierte que el costo de tal empresa sería menor a lo gastado en el canal de Huehuetoca.

En primera instancia, uno podría pensar que la propuesta de Alzate sigue la línea de investigación planteada a principios de siglo XVII para localizar el desagüe natural hacia el subsuelo, tarea que se emprendió infructuosamente. Sin embargo, Alzate parte de una inferencia para mostrar la existencia del sumidero como consecuencia de la actividad volcánica regional. Una de las pruebas que aporta sobre sus ideas acerca de las oquedades es una referencia al padre Vetancourt en la que señala que luego de la inundación de 1629 un temblor de tierra ayudó a darle remedio al desalojo del agua. También tomó en cuenta observaciones realizadas por él mismo alrededor de 1768 en

relación a una hendidura producida en el suelo por el rumbo del Santuario de la Piedad, en el pueblo de Nativitas Istlala, luego de un temblor (Alzate: 1980: 208).

Así como otros expertos anticiparon problemáticas que fueron de gran relevancia en tiempos posteriores, Alzate mostró la relevancia de algo cuya existencia se desconocía: el acuífero del Valle de México. La existencia de este sistema de depósitos subterráneos fue una consecuencia de la actividad geológica en la cuenca en la que los volcanes tuvieron un innegable papel.

La visión de Alzate intuía que las oquedades internas comunicaban la chimenea de los volcanes con la cámara magmática, que se encontraría vacía o en condiciones de recibir el agua de la superficie. Si bien ese diagnóstico es equivocado, el astrónomo hizo algo trascendente para el momento en que desarrolló sus ideas: concibió a la cuenca como una totalidad de factores interdependientes, que podrían entrar en una situación más armónica con el auxilio de la intervención humana.

En 1795 Alzate publicó otro trabajo sobre la hidrología de la cuenca, esta vez para referirse a la escasez de agua y las dificultades para la navegación en los lagos de Chalco y en el canal que conducía las barcas con mercancía hasta la acequia de la Ciudad de México. Alzate recomendó establecer una política de regulación del nivel del agua en las presas de Chalco y en el canal, de tal forma que el agua fuera suficiente para una buena navegación. Alzate hizo aquella propuesta en virtud de que consideraba equivocada la muy difundida opinión de que el suelo del lago y el canal se habían azolvado. El astrónomo pensaba que lo que había sucedido era que el volumen de las aguas se fue reduciendo por la escasez de lluvias que por aquel año afectó a la cuenca.

En ese trabajo de 1795 Alzate escribió lo siguiente, en relación a la necesidad de establecer medidas para una gestión adecuada de los recursos hídricos, de tal manera que se redujera la amenaza de inundación y se emplearan las aguas productivamente:

[...] la abundancia de aguas obliga a estrecharlas para que no inunden a México, y su escasez obliga a lo mismo para que la navegación se experimente liviana y proporcionada a surtir a México con comestibles con el menor costo posible (que es el fin, la clave y el objeto a que se dirigen todas las miras de los publicistas), mucha agua

en la laguna de Chalco es nociva a la ciudad; poca lo es en igual grado ¿qué remedio puede proporcionarse para curar esta enfermedad? Templar las furias de los elementos, y obligarlos, puesto que el autor supremo sujetó toda naturaleza a las necesidades del hombre, a que éste la estreche, la aprisione, para que le sirva a sus necesidades. (Alzate: 1985: 173)

Las ideas de Alzate son relevantes ya que desarrolló un enfoque innovador que bien sintetiza el saber científico sobre la hidrología de la cuenca al final del siglo XVIII. Ese conocimiento contribuyó en modo notable a desarrollar en el autor una conciencia sobre la importancia de la preservación de los recursos hídricos en la cuenca.

Capítulo 4. Aproximaciones científicas al desagüe durante la segunda mitad del siglo XIX

4.1 Introducción

Este capítulo está enfocado al análisis de las ideas científicas que sustentaron las iniciativas para el desagüe del Valle de México durante el siglo XIX, es decir, la etapa en la que nuestro país inició su vida como nación independiente. Con especial atención analizaremos el periodo que va de 1850 a 1870.

¿Cuáles eran las ideas científicas con las que se argumentaban los proyectos de desagüe planteados en la segunda mitad del siglo XIX? ¿De qué maneras influyó sobre el tema el cambio en las concepciones científicas registradas en el mundo occidental durante ese período? Estas son algunas de las preguntas a considerar en el texto que se expone a continuación.

El objetivo de este capítulo es mostrar cómo se perfiló científicamente la viabilidad de llevar a cabo la obra del desagüe general de la Cuenca del Valle de México. En ese proceso hay un tema que va a sufrir una profunda modificación a lo largo del siglo XIX: la idea de utilización y gestión productiva de las aguas de la región lacustre dentro de la propia cuenca. La importancia de este aspecto radica en que se definieron los antecedentes para el debate en el siglo XX sobre la gestión de los recursos hídricos regionales.

El capítulo tiene la siguiente estructura. Se inicia con el análisis del impacto, a nivel nacional, del cambio científico y tecnológico durante el siglo en cuestión. Luego se presenta un recuento de los antecedentes sobre proyectos y obras para el desagüe a fines del periodo colonial. Posteriormente, se hace un análisis sobre la influencia de los cambios científicos y tecnológicos en la concepción del problema tratado. Para profundizar en este último aspecto se abordan puntualmente los diagnósticos de los ingenieros Smith, De Garay y Espinosa sobre el desagüe.

Para llevar a cabo este trabajo se recurrió a fuentes directas en el Archivo General de la Nación y otras ya publicadas como la *Memoria Técnica Administrativa de las obras del desagüe* de 1902, las *Relaciones del desagüe del Valle de México*, publicadas por el Secretaría de Obras Públicas, la *Memoria de las Obras del Sistema*

de *Drenaje Profundo*, así como la *Memoria para la Carta Hidrográfica del Valle de México* de 1864, entre otros.

4.2 Los avances en la ciencia y en la tecnología durante el siglo XIX

4.2.1 Los avances científicos

El siglo XIX fue un período rico para la generación de conocimiento científico en el continente europeo. La propagación del capitalismo como el sistema económico dominante y el colonialismo, como su expresión de expansión territorial, definieron las pautas de diversos fenómenos urbanos en el mundo. El crecimiento demográfico de las ciudades, así como la transformación radical de las relaciones sociales dieron impulso a la imperiosa necesidad de comprender los nuevos problemas y consecuentemente, la aparición de disciplinas cuyo objeto de estudio se situó en el campo de lo social.

En el ámbito de la producción, el paradigma de la industrialización fue determinante para incentivar la introducción de constantes innovaciones técnicas que incrementaron la productividad del trabajo, acentuando la división social. Las ingenierías y las ciencias físicas encontraron en ese medio un clima propicio para profundizar su desarrollo e influencia sobre el pensamiento científico de la época (Derry T.K y T. I. Williams, 1988).

El conocimiento de los fenómenos naturales tuvo también un progreso significativo. Por una parte, la necesidad de conocimiento de los recursos, desde una perspectiva del inventario natural, incentivó la exploración por parte de naturalistas y viajeros provenientes de los países dominantes. Por otro lado, los problemas de la salud entraron en una nueva etapa de descubrimiento con la investigación del mundo microscópico.

La bandera del *progreso* campeó a lo largo del siglo como objetivo de los esfuerzos científico, productivo y social. El dominio de las *fuerzas de la naturaleza*, con

la finalidad de ponerlas al servicio de la satisfacción de las necesidades de la sociedad industrializada, fue uno de los objetivos de ese ideal de progreso.

Del siglo XIX emergieron tesis que tuvieron profundo calado en el pensamiento científico contemporáneo. Las doctrinas del *positivismo sociológico* y el *funcionalismo* en el campo de la ciencia aplicada, junto con el *materialismo histórico*, las teorías de la evolución de las especies, el *higienismo* en el campo de la gestión de la salud en los centros urbanos, son algunos de esos paradigmas que influyeron en la concepción de la problemática socioeconómica, tecnológica y urbana de la época.

El desarrollo de la actividad científica y del pensamiento científico fue lento en el México del siglo XIX. El país, que alcanzó su independencia de España en 1821, no logró condiciones de estabilidad política hasta el último tercio del siglo. El factor de la inestabilidad política es señalado por Trabulse (1994) como un aspecto que explica el retroceso con respecto al desarrollo científico logrado al final del periodo colonial. Trabulse habla de dos etapas de influencia en el desarrollo de la ciencia mexicana del XIX: un primer periodo caracterizado por la influencia de la ciencia ilustrada proveniente del siglo anterior, y una segunda etapa de influencia de la ciencia moderna, sobre todo a partir de la segunda mitad del siglo.

Eli de Gortari (1963) nos presenta una relación de las instituciones creadas durante el siglo XIX como reflejo de este desarrollo de la visión y tratamiento científico de los problemas nacionales:

A la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, establecida en 1833, se agregaron la Sociedad Filoiátrica (1841), el Hospital Juárez (1847), la Sociedad Química (1849), la Comisión del Valle de México (1856), el Observatorio Astronómico Nacional (1863), la Asociación Médico-Quirúrgica Larrey (1857), la Mission Scientifique au Mexique et dans l'Amerique Centrale –establecida en 1864 por el ejército francés invasor-, la Comisión Científica, Literaria y Artística –también formada por los franceses en 1864-, la Comisión Científica de Pachuca (1864), la Sociedad Médica de México (1865), el Museo Nacional (1866), el Hospital de San Carlos (1866), la Sociedad Médica Hebdomaria (1867), la Sociedad Mexicana de Historia Natural (1868), la Asociación Médica “Pedro Escobedo” (1868), la Sociedad Farmacéutica (1870), la Sociedad Familiar de Medicina (1870), la Academia Nacional de Medicina (1873), la Comisión Geográfico-Exploradora (1877), el Observatorio Meteorológico (1877), la Sociedad Metodológica “Gabino Barreda” (1877), el Consejo Superior de Salubridad (1879), la Sociedad Científica “Antonio Alzate” (1884), la Sociedad “Alejandro de Humboldt”, la Sociedad Científica “Leopoldo Río de la Loza”, la Sociedad de Medicina Interna, la Sociedad Mexicana Sanitaria y Moral de Profilaxis de

las enfermedades venéreas, la Comisión Geológica (1886), el Hospital Concepción Béistegui" (1886), el Hospital Inglés y Americano (1886), la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, la Academia Náhuatl, la Academia de Jurisprudencia y Legislación, el Instituto Médico Nacional (1888), el Instituto Geológico (1891), el Instituto Bibliográfico Mexicano, la Sociedad de Cirugía, la Comisión de Parasitología Agrícola (1900), la Sociedad Agrícola Mexicana, la Asociación de Ingenieros y Arquitectos, la Sociedad Astronómica de México, la Sociedad Positivista, el Instituto Patológico (1901), la Sociedad Geológica (1904), el Consultorio Nacional de Enseñanza Dental (1904), el Hospital General (1905), el Instituto Bacteriológico (1906), el Manicomio General (1910), el Servicio Sismológico Nacional (1910), la Sociedad Médica-Farmacéutica "Arce" de Jalisco, la Sociedad de Ciencias Médicas de Veracruz, la Sociedad Médica Potosina y la Sociedad Médica Mutualista Chihuahuense, para citar simplemente las instituciones más longevas y mejor conocidas (De Gortari, E. 1963: 316-317).

La lista anterior da cuenta de las iniciativas mexicanas para hacer florecer el conocimiento científico sobre la realidad natural y social durante la segunda mitad del siglo XIX.

Sin embargo, esta expansión del pensamiento científico mexicano, con la proliferación de organismos y asociaciones, no fue acompañada de igual intensidad en cuanto a la extensión de la educación hacia el pueblo. La visión de poner la educación al alcance de los sectores sociales dominados (obreros, trabajadores agrícolas e indígenas) como un mecanismo para el progreso y la modernización, alentada por los sectores liberales del campo político nacional, no logró expresiones definitivas a lo largo del siglo. Eli de Gortari describe los primeros esfuerzos del México independiente en la dirección de instaurar un sistema educativo libre de las ataduras coloniales. Señala que el gobierno de signo liberal encabezado por Valentín Gómez Farías se propuso lograr la mejora de las clases populares a partir de arrebatar al clero el monopolio de la educación, así como la creación de museos, bibliotecas, conservatorios de artes, entre otros (De Gortari, 1963: 283).

La política del Estado en cuanto a la educación se configuró con lentitud, en virtud de la confrontación política y del atraso en el desarrollo científico y tecnológico.

La modernización del país implicaba el desarrollo de una actividad científica propia a través de instituciones adecuadas a este fin, lo cual fue lento e irregular. El esfuerzo por llevar el conocimiento a la población en general se comenzó a perfilar, con limitados resultados, al final de la década de los años sesenta. En 1867 el gobierno de

Benito Juárez promulgó la Ley Orgánica de Instrucción Pública. Para principios de 1869 se precisaron los objetivos de aquella ley: la libertad de enseñanza, la instrucción primaria popular y la popularización de las ciencias exactas y naturales (De Gortari, 1963: 299-300).

En cuanto a la educación superior, por la época se dio un debate entre liberales y conservadores sobre la reapertura o clausura definitiva de la Universidad Real y Pontificia, en términos de la inclinación de esa institución hacia el credo y los poderes fácticos de la alta jerarquía católica.

Una población pobremente instruida y limitados espacios para la educación superior constituyeron aspectos sintomáticos para el lento desarrollo científico de la nación.

El entorno económico y político mundial cambió profundamente durante el siglo XIX y México, como joven país independiente, no estuvo al margen de estos cambios. La perspectiva científica del territorio también vivió un constante proceso de desarrollo, como lo expresa De Gortari:

En 1856 se organizó una comisión científica encargada de formar un Atlas Nacional que comprendiera la historia y la geografía antiguas, la geología, la zoología, la botánica, la estadística y las cartas geológicas, geodésicas y topográficas del Valle de México. Los integrantes de dicha comisión fueron José Fernando Ramírez, Leopoldo Río de la Loza, Julio Lavariere, Manuel Orozco y Berra, Francisco Díaz Covarrubias, Manuel Fernández, Miguel Iglesias, Francisco de P. Herrera, Ramón Almaraz, José Antonio de la Peña y Mariano Santa María. Las actividades de esta comisión se iniciaron en septiembre de 1856 y se tuvieron que suspender en diciembre de 1857 –debido a los trastornos producidos por la Guerra de Tres Años–, reanudándose los trabajos en 1858, para suspenderse definitivamente al año siguiente. En 1861 se formó una comisión que realizó un estudio hidrográfico del Valle de México y en la cual participaron Díaz Covarrubias, Miguel Iglesias, Ramón Almaraz, Mariano Santa María, José Antonio Peña, Próspero Goyzueta y Manuel Orozco y Berra (De Gortari, 1963: 320).

Aunque México no alcanzó algún paralelismo con respecto a lo que sucedía en Europa en materia científica, no obstante, problemas como el desagüe estaban presentes y tarde o temprano tendrían que ser atendidos. Los especialistas que mayoritariamente abordaron el caso de las inundaciones fueron ingenieros, ávidos por conocer del funcionamiento hidráulico de la Cuenca del Valle de México, como los

integrantes de la Comisión referida por Eli De Gortari. Los avances científicos mexicanos del siglo XIX fueron muy significativos para la comprensión de la problemática del desagüe del Valle de México.

Uno de los rasgos más distintivos del tratamiento científico del problema del desagüe durante el siglo XIX fue la comprensión del funcionamiento físico de los fenómenos hidrológicos regionales y el interés en el empleo productivo de los recursos hídricos. Trabulse (1994) nos da cuenta de una serie de trabajos que son significativos para la investigación sobre el desagüe del Valle de México: la *Memoria para el proyecto de canal interoceánico* publicada por el Ateneo Mexicano y realizada por Andrés Manuel Río y Manuel Robles en 1844, el *Plano topográfico del Distrito de México* de 1857 a instancias de Manuel Orozco y Berra y la conformación de la comisión para el estudio hidrográfico del Valle de México en 1861, la misma que antes refirió De Gortari. Los trabajos de esta comisión llevarían a la integración de la *Carta hidrológica del Valle de México* de 1862 y su *Memoria* en 1864.

La visión positivista jugó un papel preponderante en ese proceso de desarrollo del conocimiento científico sobre la cuenca. Esa contribución se dio en diferentes ejes. Por ejemplo, en términos de la salubridad de la ciudad, la relación entre las aguas residuales y la proliferación de enfermedades condujo a un énfasis en las medidas para higienizar el medio urbano. La necesidades económicas de una ciudad en expansión demandaba el disponer de terrenos agrícolas para su abasto alimenticio, lo cual también implicaba la utilización de los recursos hídricos regionales.

Desde una perspectiva moderna, el proceso de construcción de conocimiento científico sobre el tema del desagüe fue gradual. En él participaron investigadores nacionales y extranjeros, y sus aportes y descubrimientos tuvieron una gran influencia en los siglos XIX y XX.

4.2.2 Los avances tecnológicos

Si durante el siglo XIX los avances científicos fueron en alto grado significativos para la comprensión de la problemática hidráulica en la Cuenca del Valle de México, no lo fue menos el avance de la tecnología para el planteamiento proyectual de las obras del desagüe.

Se comenzará por señalar que en Europa las ingenierías comenzaron a establecerse como disciplinas especializadas, y entre ellas la ingeniería civil fue muy influyente en la concepción del desarrollo de las infraestructuras para las urbes en crecimiento (Derry, 2006).

Fueron ingenieros especializados, la mayoría de ellos en los temas de la hidráulica, quienes abordaron el análisis y la formulación de proyectos en cuanto al tema del desagüe del Valle de México, sobre todo a partir de mediados del siglo XIX.

Una diversidad de innovaciones tecnológicas se hizo presente, desde finales del siglo XVIII y durante todo el siglo XIX, para permitir el avance de proyectos de ambiciosos horizontes en cuanto a la viabilidad de las intervenciones hidráulicas en el Valle de México. Por su relevancia debemos mencionar los sistemas de bombeo accionados por fuerza hidráulica o por vapor, los sistemas para la construcción de túneles mediante escudos y nuevos sistemas constructivos con el empleo del acero o el cemento. No se debe pasar por alto el desarrollo para la evacuación de aguas residuales en las ciudades con el sistema de alcantarillas y las redes de drenaje. Aunque todas estas innovaciones tuvieron origen en los países más industrializados de ese periodo, su implementación a los problemas en territorio mexicano fue gradual pero ineludible.

En el ámbito nacional, el avance de la tecnología fue irregular a lo largo del siglo XIX. En la segunda mitad del siglo XVIII las reformas borbónicas impulsadas desde la metrópoli española generaron un avance en el establecimiento de instituciones como el Colegio de Minería, que vendría a formalizar la enseñanza y la investigación científica

en ese campo de la actividad productiva tan determinante en el período colonial (Corona Treviño, 2004). Después, durante la primera mitad del siglo XIX, el avance tecnológico tuvo un estancamiento relativo, pues hubo una lenta y muy puntual introducción de maquinaria a los procesos productivos fabriles con equipamientos provenientes del extranjero.

En la segunda mitad del siglo ocurrió un cambio en la dinámica de transferencia tecnológica con la introducción del ferrocarril y del uso de la energía eléctrica. Se dio un impulso a la estructuración del mercado interno de la nación y se inició un proceso de modernización productiva en algunas regiones y en algunos procesos de manufactura.

Una referencia obligada para comprender la relevancia del cambio tecnológico durante el siglo XIX en el país la proporciona Ramón Sánchez Flores (1980) en su texto *Historia de la tecnología y la invención en México*. El autor señala el papel preponderante del naciente Estado mexicano como un actor en el impulso del cambio y la modernización tecnológica, sobre todo en la búsqueda de la inversión extranjera y la promoción del financiamiento de la actividad manufacturera a través del Banco del Avío en la década de los años 20. Un personaje que encarnó este papel fue Lucas Alamán, quien impulsó diversas iniciativas en diferentes ámbitos de la actividad económica para promover un proceso de modernización tecnológica.

Sánchez Flores advierte que durante la primera mitad del siglo XIX se gestó un proceso en el que las actividades dominantes del pasado decayeron, como fue la minería, la acuñación de moneda, la producción de azúcar o de tabaco; pero también se comenzaron a sentar las bases para la gran expansión de actividades como la producción de textiles.

La introducción de sistemas de bombeo importados para diferentes actividades productivas, accionados por mecanismos de vapor, fue uno de los ejes del proceso referido, pero también se manifestaron expresiones de innovación nacional como lo documenta Sánchez Flores al referir el creciente número de solicitudes de patentes nacionales a partir de 1852, lo que caracteriza como el renacer de una tecnología intrínsecamente mexicana. El autor advierte que personajes como Francisco de Garay, Juan Andrés Poumarede o Juan Bowring, quienes tuvieron un papel activo en la

reflexión sobre el problema del desagüe a mediados de los años cincuenta, también realizaron diversas acciones en la promoción de la introducción de avances tecnológicos en las actividades mineras o en el empleo de sistemas de bombas de vapor para diversos asuntos constructivos o hidráulicos.

En la segunda mitad del siglo la introducción del ferrocarril, la electrificación o el desarrollo de caminos fueron señales claras de un cambio tecnológico. Este cambio fue significativo pues sin él no se podría entender la concreción del proyecto de desagüe del Valle de México.

4.3 Antecedentes del problema del desagüe en el México independiente

4.3.1 El cierre del siglo XVIII: las ideas y obras de Cosme de Mier y Tres Palacios, Castera y Apecechea

A finales del siglo XVIII y principios del XIX, en las postrimerías del período colonial novohispano, la preocupación en torno a las amenazas de inundación de la Ciudad de México se hizo presente. Entre 1796 y 1798 Cosme de Mier y Tres Palacios (primer oidor de la Audiencia de México) ejecutó la construcción de dos canales con la finalidad de desaguar por el tajo de Huehuetoca las lagunas de Zumpango y San Cristóbal, obras cuyos efectos fueron poco efectivos y quizá hasta contraproducentes, según lo refiere Luis González Obregón (1902, reimpresión 2012) en la *Memoria histórica, técnica y administrativa de las obras del desagüe*.

El arquitecto Ignacio Castera (Maestro mayor de la Catedral y de la Ciudad de México) proyectó la construcción de un canal que desalojaría el agua del valle desde el lago de Texcoco hasta alcanzar el canal en Huehuetoca. Esta obra no se realizó pero quedó como un antecedente de la reavivada importancia asignada durante el siglo XIX a la meta del desagüe general del Valle de México. Castera inició una obra preventiva en torno de la ciudad con la construcción de una zanja, conocida como la *zanja cuadrada*, desarrollada parcialmente, con la intención de funcionar como dique frente a

la amenaza de inundación. En su proyecto original, Castera pretendía delimitar completamente el perímetro de la ciudad en un polígono que evoca la imagen de un cuadrado.

Ya iniciado el siglo XIX, en 1815, Fermín Antonio Apecechea (empresario de la minería y político) presentó un proyecto para conseguir el desagüe. No obstante, aquí nos referiremos a la atención que este personaje puso en su diagnóstico en cuanto a la salubridad. Apecechea señaló que en 1770, cuando la ciudad se encontraba rodeada de agua, la diarrea se presentaba como enfermedad endémica, mientras que a principios del siglo XIX, junto a aquella, otras enfermedades adicionales habían aparecido. Relacionaba esta situación con el grado de desecación que para entonces se había alcanzado en el lago de Texcoco y se pronunciaba por no desecar completamente al mismo pues consideraba que ese proceso había traído consigo condiciones más insalubres para la ciudad.

Como vemos, el periodo novohispano va a cerrar con una activa preocupación por el tema de las inundaciones y el desagüe, misma que se expresa a través de diagnósticos, proyectos y obras que van a dar un marco de acción a la reflexión e intervenciones en el nuevo siglo.

4.3.2 La visión de Humboldt sobre el desagüe

Alexander Von Humboldt visitó el territorio nacional a principios del siglo XIX, -cuando este aún era una colonia española-, y realizó un recorrido documentando los aspectos geográficos y biofísicos de relevancia. Sobre la Ciudad de México y su entorno realizó diferentes observaciones, entre las que se destaca su análisis de la problemática del desagüe del Valle de México. Para esta investigación se consultó la opinión de Humboldt en la edición del año 2004 del *Ensayo Político sobre el Reyno de la Nueva España*, publicado en 1836.

Humboldt reconoció la amenaza constante de las inundaciones en la Ciudad de México como uno de sus principales problemas. Realizó una observación directa sobre

las obras realizadas a lo largo de los siglos de gobierno colonial. En el momento de su visita, Humboldt encontró un grado de deterioro considerable en las obras del desagüe de Huehuetoca, emprendidas por Enrico Martínez, pero no pasó por alto el reconocer su importancia como expresión de la ingeniería hidráulica, sin comparación en el mundo. Describe en los siguientes términos su impresión de la obra:

Un paso o camino subterráneo, que sirve de canal de desagüe acabado en menos de un año, de 6600 metros de largo, con un claro de 10 ½ metros cuadrados de perfil, es una obra hidráulica que en nuestros días y en Europa llamaría mucho la atención de los ingenieros. (Humboldt, 2004: 407)

De la observación y el análisis de las obras coloniales Humboldt llegó a la conclusión de la importancia de desarrollar la obra del desagüe general del lago de Texcoco. Aunque para aquel momento ese planteamiento no era ninguna novedad, la observación del autor puso de relieve la necesidad de ejecución del proyecto.

El diagnóstico de Humboldt va a ser de los primeros del siglo XIX apuntando en la dirección de las obras que culminarían con la construcción del proyecto del Gran Canal y el túnel de Tequixquiac en 1900. El viajero realizó el siguiente recuento y propuesta:

Resumiendo lo que acabamos de referir acerca de las obras hidráulicas que se han hecho en los llanos de Méjico, vemos que la seguridad de la capital descansa actualmente 1º en las calzadas de piedra que impiden a las aguas de Zumpango que vierten en el lago de San Cristóbal, y que las de este último lago entren en el de Tezcuco; 2º en las calzadas y esclusas de Tlahuac y Megicaltsingo, que impiden la salida de madre de los lagos de Chalco y de Jochimilco; 3º en el desagüe de Enrico Martínez, por el cual el río de Guautitlán atraviesa las montañas para pasar al valle de Tula; 4º en los dos canales de Mier, con los cuales los lagos de Zumpango y de San Cristóbal se pueden desaguar a discreción.

Sin embargo, todos estos arbitrios juntos no libran la capital de las inundaciones que vienen del N. y del N.O. A pesar de todos los gastos hechos, la ciudad correrá siempre muchos riesgos, mientras no se abra un canal directo al lago de Tezcuco (Humboldt, 2004: 432).

Humboldt no tenía un enfoque simplista de la solución del desagüe. Él se pronunció por un sistema de desagüe que permitiera una gestión de los recursos hídricos dentro de la cuenca, de manera tal que se dispusiera de medios acuáticos para

la transportación y la irrigación, al tiempo que se controlaran las posibilidades de inundación. La visión de Humboldt estuvo lejos de ser reduccionista. La principal problemática la observó en términos de la participación de las autoridades gubernamentales a lo largo de la historia:

Cuando se estudia en los archivos de Méjico la historia de las obras hidráulicas de Nochistongo, se observa una continua irresolución de parte de los gobernantes, y una fluctuación de opiniones é ideas que aumenta el peligro en vez de alejarlo. Allí se encuentran visitas hechas por el virrey, acompañado de la audiencia y de los canónigos; papeles de oficio formados por el fiscal y otros togados; varias juntas creadas; pareceres dados por los frailes de San Francisco; una impetuosa actividad cada 15 o 20 años; cuando los lagos amenazaban salir de madre, lentitud y culpable descuido una vez pasado el peligro. Se gastaron cinco millones de duros, porque jamás se tuvo valor para seguir un mismo plan: porque en el espacio de dos siglos se ha estado titubeando entre el sistema indio de los malecones ó calzadas, y el de los canales de desagüe, entre el proyecto del socabon, y del tajo abierto. (Humboldt, 1836: 422)

Humboldt promueve una reflexión diferente de la concepción tradicional que se había conformando sobre la presencia de los lagos en la Cuenca del Valle de México. Ve con preocupación el rechazo a la presencia del agua y se inclina por favorecer su aprovechamiento productivo:

En las obras hidráulicas del valle de Méjico no se ha mirado el agua sino como un enemigo de que es menester defenderse, sea por medio de calzadas, sea por el de canales de desagüe. Ya en otro lugar hemos probado que ese modo de obrar, y sobre todo el sistema europeo de un desagüe artificial, han destruido el germen de fertilidad en una gran parte del llano de Tenochtitlan. Las eflorescencias de carbonato de sosa (tequesquite) se han aumentado á proporción que se ha disminuido la humedad de la atmósfera y la masa de las aguas corrientes. Algunas hermosas sabanas se han convertido poco á poco en secos arenales. En grandes trechos el suelo del valle no presenta hoy día sino una costra de arcilla endurecida (tepetate), desnuda de vegetación y resquebrajada en toda su superficie. No obstante hubiera sido fácil sacar partido de la disposición natural del terreno, sirviéndose de los mismos canales de desagüe para regar las llanuras áridas, y para la navegación interior (Humboldt, 1836: 440-441).

La visión de Humboldt planteó una renovación de la aproximación científica al problema del desagüe del Valle de México. Como hemos documentado, Humboldt no era partidario de una solución que implicará la expulsión definitiva del agua fuera de la cuenca, sino del desarrollo de una infraestructura que permitiera la gestión y

aprovechamiento del agua en la misma región. Estaba enterado de las discusiones coloniales sobre el proyecto del desagüe general y veía en la acción de las autoridades gubernamentales el principal impedimento para su ejecución. Contribuyó en la configuración de la visión del desagüe general con un conjunto de criterios que serían compartidos por especialistas posteriores. No obstante, su crítica al factor gubernamental como el escollo principal para atender la problemática no consideraba las limitaciones técnicas y financieras que se presentaron durante el virreinato para atender el asunto.

4.3.3 El diagnóstico de Mora

La idea del desagüe no había menguado en relevancia para la vida de la capital del país. En 1819, víspera del derrumbe del régimen colonial, ocurrió la última inundación de la Ciudad de México del período novohispano. El fenómeno dejó honda huella en la conciencia de los habitantes y de algunos actores políticos, poniendo de manifiesto la vulnerabilidad de la ciudad hacia su entorno natural y evidenciando la insuficiencia de las obras de desagüe de la región lacustre emprendidas durante el régimen de dominio español.

El doctor José María Luis Mora, destacado personaje de perfil liberal, que tuvo una activa participación en la vida política del país durante las primeras décadas de la vida independiente, realizó un diagnóstico de la situación del desagüe del Valle de México, en el contexto de la inundación de 1819.

El informe preparado por el Dr. Mora tenía la intención de advertir tres aspectos: la situación de las obras del desagüe, la presentación de alternativas de mejora y mantenimiento así como la estimación de los costos erogados.

Mora reconoció que la problemática para el desagüe total del valle implicaba lograr un desnivel suficiente con respecto al lago de Texcoco:

Uno de los defectos que se advirtieron en el canal de Enrico Martínez desde los tiempos de su construcción, fue el haberse abierto conforme al nivel del lago más alto, y no al de Texcoco que es más bajo. En efecto, el lecho del canal hasta el paso de Valderas está

constantemente más alto que el nivel de Texcoco. Esta primera dificultad era ya capaz de arredrar al Gobierno aun en los tiempos que podía disponer millones. Se pulsaba a más, la de la profundidad que tendría que darse al canal hasta este punto (Mora, 1823: 521-522).

Mora coincidió con respecto a la necesidad de un desagüe general del Valle de México. Para él, la problemática de las inundaciones que amenazaban constantemente a la capital tenía que ver con el descontrol de las crecidas en el lago de Texcoco:

La posición respectiva de México a los lagos que se forman en la dilatada extensión del valle, la tiene expuesta a las inundaciones de todos ellos si se exceptúa solamente el de Texcoco cuyo nivel está más bajo que el asiento de la ciudad. Sin embargo, desaguando todas lagunas media o inmediatamente en ésta, no sólo llegaba a perderse del todo aquella altura, sino que la superficie de las aguas venía a elevarse considerablemente sobre la ciudad. Así se ha visto constantemente que las inundaciones todas eran causadas por los derrames de este lago, el más cercano a la capital.

Evitar el acrecentamiento de Texcoco era, pues, lo que había que hacer para salvar a México, y era muy obvio que cerrar la entrada a los raudales que lo engrosaban, se presentaba como el medio más sencillo de conseguirlo (Mora, 1823: 526).

Mora propone dar mantenimiento al sistema de canales para el desagüe de Zumpango y desarrollar el desagüe del lago de Texcoco:

He hablado antes del proyecto de Desagüe general, por medio de un corte que partiendo de la extremidad occidental del lago de Texcoco, punto más bajo de todo el Valle, terminase en el canal que desagua a Zumpango y va a unirse con el de Nochistongo en el punto del Gavillero. Di noticia igualmente de lo poco que se había adelantado esta obra y el abandono en que se hallaban. Ahora no puedo menos de hacer presente a Vuestra Excelencia la absoluta necesidad de continuarla llevándola a todo trance a su última perfección. (Mora, 1823:532)

Un fenómeno que Mora distinguió es el de la nivelación del suelo de la capital con respecto a fondo del lago de Texcoco. El consideraba que este fenómeno se debía a la acumulación de tierra en el lecho, opinión que Enrico Martínez también sostenía.

En efecto, la experiencia ha comprobado esta observación; cotéjese el lago de Texcoco en su estado actual con el que tenía en tiempo de Moctezuma: entonces los bergantines bogaban en él y ahora apenas puede recibir canoas en la estación de las lluvias; es cierto que esto en parte proviene de la disminución de las aguas; pero no dejan de

contribuir las tierras deslavadas que han depositado los torrentes en el fondo de la laguna (Mora, 1823: 533).

El trabajo de Mora sentó un precedente importante en el siglo XIX, pues como también lo hizo Humboldt, llamó la atención sobre la necesidad del desagüe general, eje sobre el cual apuntarían los proyectos desarrollados posteriormente. La argumentación de Mora tuvo el sentido de establecer un control sobre los fenómenos hídricos en el valle, partiendo de un diagnóstico en el que son determinantes los datos obtenidos por vía directa.

Mora actualizó la cuantificación financiera de los gastos ejercidos y dio al factor económico un lugar importante en su argumentación de la viabilidad de sus propuestas. Advirtió que la situación del lago de Texcoco no era estática, sino que cambiaba con el aumento del nivel de su fondo. De su análisis se puede inferir que el riesgo de la capital iría en aumento en caso de quedar en un nivel inferior al del lago.

Las contribuciones del diagnóstico del Dr. Mora se sitúan con más énfasis en su ponderación del carácter cambiante del valle en sus aspectos físicos, como consecuencia de la acción humana.

4.3.4 La influencia conjunta de los diferentes antecedentes

Las diferentes reflexiones en torno al desagüe que hemos revisado nos dejan ver que, aunque las obras fueron mínimas y poco efectivas para resolver problemas como el de las inundaciones, el tema fue abordado con un ánimo renovado.

Se plantearon aspectos relacionados con el asunto del desagüe como el de la higiene y la salud en la ciudad, cosa que Apecechea señaló como un problema de relevancia. A esto se suma la visión urbanística de Castera, quien con su propuesta vinculó las obras para la contención de las inundaciones a las de la estructuración del proceso de urbanización. Ambas posturas anunciaban una visión de modernidad para la ciudad y de atención a sus urgentes problemáticas como la del desagüe y la salud de sus habitantes.

Por su parte, Humboldt hizo énfasis en recomendar una política de utilización de las aguas dentro de la cuenca y Mora advirtió la dinámica de interacción transformadora del territorio con la ciudad.

Visto como un conjunto, el pensamiento científico en torno del desagüe de principios del siglo XIX se constituía en un crisol de ideas que conjuntaba múltiples factores en cuanto a los ámbitos social, político, económico, ambiental, geográfico y constructivo.

4.4 Una visión general del marco político institucional y las obras públicas para atender el problema del desagüe durante el siglo XIX

Los diferentes gobiernos del México independiente que se sucedieron durante el siglo XIX, atendieron de manera irregular el problema del desagüe del Valle de México. Hacia mediados de siglo, en 1853, el problema quedó en manos del Ministerio de Fomento, bajo el gobierno de Antonio López de Santa Anna. Esta definición sería el comienzo del tratamiento formal del problema como un asunto en la competencia del gobierno nacional.

Anterior a esta determinación, no era del todo claro qué instancia de gobierno tenía que hacerse cargo de la problemática del desagüe y la falta de estabilidad política trajo la ausencia de atención sobre el asunto (Lemoine, 1975).

A principios de 1856, con el crecimiento de las aguas del lago de Texcoco, debido a la intensidad de las lluvias, se dio un impulso importante a la reflexión sobre el tema y a la generación de alternativas de solución, como lo relata la *Historia de las Obras Públicas* de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes:

Amagada de una inundación esta capital, se expidió el decreto de 4 de febrero de 1856, que creó una junta de treinta individuos propietarios del Valle, para que hiciera la designación de la suma y del modo con que deberían contribuir para la ejecución de las obras hidráulicas necesarias para el desagüe, y nombrase de entre los que la formaban una junta menor, que examinara los proyectos formados con anterioridad y propusiera todo lo conveniente a su realización. Suprimióse en virtud de estas medidas la Dirección de obras del desagüe de Huehuetoca, y en 26 del mismo febrero se publicó el decreto

impuesto, y en 28 de marzo la tarifa de las cuotas que se señalaron a los efectos nacionales y extranjeros.

Se circuló una convocatoria para que los peritos residentes en la República, tanto nacionales como extranjeros, presentaran proyectos para la mejor ejecución de las obras que conviniere hacer en el Valle de México, ofreciendo un premio de doce mil pesos al que mereciere la preferencia (González de Cosío, 1999: 324).

No obstante que sí se presentaron los proyectos, la realización de obras quedó pospuesta hasta la década siguiente, en virtud de la guerra civil y la posterior ocupación francesa en el país.

En 1861, el presidente Benito Juárez reasignó el tema del desagüe del Valle de México a la Secretaría de Fomento, quedando en esa institución la responsabilidad hasta 1891, cuando el presidente Porfirio Díaz le asignó la tarea a la primera Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.

Durante el periodo denominado como *intervención francesa* el gobierno no fue omiso con respecto a la problemática de las inundaciones. Se continuó con los análisis de las propuestas para llevar a cabo la idea del desagüe a partir de diferentes proyectos que le fueron presentados al gobierno.

Esta semblanza del tratamiento institucional sobre el desagüe del Valle de México muestra el lento avance gubernamental con respecto al problema durante buena parte del siglo XIX. Es importante subrayar la atención que le dio al tema tanto el gobierno intervencionista norteamericano como el francés. En ambas etapas el tema del desagüe recibió un trato especial con la consecuente generación de diagnósticos y proyectos, dada la preocupación por la amenaza de inundación que afectaba a la capital.

Por otro lado, cierto es que el impulso financiero y material otorgado por parte del gobierno de Porfirio Díaz fue definitivo para la consecución de las obras que culminarían con el desagüe general del valle. Perló Cohen (1999) explora las relaciones políticas y financieras tejidas entre funcionarios y empresas privadas durante el gobierno de Díaz, mismas que llevaron a la culminación de la obra a finales del siglo XIX. A propósito de esto, una de las tesis centrales de Perló es que el origen de los recursos (ya fuera público o privado) fue un determinante en el tipo de contratación

(publica o privada) que se concertaba para el desarrollo de la obra. Pero no podemos explicar el proceso sólo con base en la acción del gobierno o las compañías, sino considerando en su justa dimensión el aporte de la visión de los expertos que dieron tratamiento al tema a lo largo del siglo en cuestión.

4.5. El arranque del debate: la problemática del desagüe entre 1856 y 1866

4.5.1 Un antecedente obligado: el proyecto de Smith

Hacia finales de los años cuarenta, en el marco de la intervención estadounidense en el territorio nacional, se produjo el replanteamiento del lugar adecuado para llevar a cabo el desagüe general (mejor conocido en la época como *desagüe directo*). Lemoine señala lo siguiente al respecto:

En 1847, cuando el ejército norteamericano se aproximaba al Valle de México, nuestro gobierno dispuso, como medida defensiva, que se inundara la zona oriental haciéndose varias sangrías al canal de la Viga y, sobre todo, rompiendo las compuertas o esclusas de Mexicalcingo, que eran las que regulaban dicho caudal en el punto clave de su curso. Por supuesto, el invasor no fue detenido, y aquella medida preventiva sólo vino a agravar los males físicos de la ciudad y pueblos del sur, ya de por sí castigados con la presencia de las tropas enemigas. Para reparar lo destruido en aras de la defensa nacional, las autoridades del Distrito Federal designaron a dos técnicos. El primero fue el ingeniero Francisco de Garay, que con el tiempo sería el autor del proyecto más acertado del desagüe general; y el segundo era el ingeniero M.L. Smith. Uno y otro eran peritos entusiastas de la ciencia hidráulica que, por encima de la comisión específica para la que fueron llamados, se propusieron estudiar a fondo la cuestión del drenaje total de la cuenca y darle una solución definitiva (Lemoine, 1978: 40-41).

Ambos especialistas, De Garay y Smith, coincidieron en señalar a Tequixquiac como el sitio más propicio para concretar el proyecto del desagüe.

En su informe, Smith comenzó por analizar la situación del drenaje de la ciudad y la condición perniciosa originada por las dificultades para la evacuación eficiente del agua residual. Smith identificó la insalubridad del drenaje urbano e inició sus propuestas advirtiendo la necesidad de incrementar el abasto de agua para la ciudad, como medida

para dar eficiencia al desalojo del agua servida y las materias de desecho que acarreaba.

Una vez establecida la propuesta para el saneamiento de la zona urbana en su proyecto, Smith pasó a la presentación de una comparación entre los costos materiales y financieros del desarrollo de un desagüe de la laguna de Zumpango practicado en Nochistongo y otro en Tequixquiac. Smith fue muy claro al concluir que la opción más viable era desarrollar un desagüe en Tequixquiac.

El ingeniero argumentó a favor de mantener un sistema de canales y depósitos pluviales controlados dentro del valle, principalmente con una finalidad económica. En este aspecto vale la pena detenerse sobre la visión de Smith para el desagüe general. Conmina a discutir si en realidad es conveniente un desagüe total:

Aunque el desagüe de la laguna de Texcoco facilitase todas las del norte, debe considerarse muy seriamente si su completa desecación sería verdaderamente útil (Smith, 1848: 63).

Smith planteó la posibilidad de emplear productivamente los terrenos del lecho del lago de Texcoco, apuntando en el sentido de una utilización de los recursos hídricos de la cuenca:

Algunos han creído, que estas llanuras demasiado saladas ahora, deben empeorar de año en año, pero no debe suceder así supuesto que la vegetación sigue a las aguas y se da con mucha profusión hasta en la misma orilla del agua salada. Es indudablemente cierto, que si se desagua la laguna de Texcoco no produciría inmediatamente, pero las sales que contiene su fondo, fácilmente se disolverán, y es cosa bien sabida que las tierras nitrosas, entre las que debe clasificarse este fondo y las llanuras adyacentes, son las más fuertes y más fértiles de México. Así pues, se combinan la seguridad de la ciudad por el perfecto desagüe y el aumento de terrenos productivos que compensarían cualquier gasto que erogara (Smith, 1848: 63).

Para sostener la propuesta anterior Smith sugirió preservar el agua dentro de la cuenca mediante un canal que permitiese su regulación y utilización productiva para la agricultura.

[...] pues solo se necesita para la perfecta fertilidad de este valle la cómoda situación de las aguas, y como la existencia de estos lagos del norte no pone en peligro a la Ciudad de México, luego que tenga salida el de Texcoco, sino como se ha visto, proporciona grandes ventajas, en vez de desaguarlos valdría más conservarlos unidos por medio del canal propuesto que impediría cualquier inundación en caso de un aumento extraordinario de las aguas; pudiendo además hacerse otros aljibes que se llenasen durante la estación de aguas para usar de ellos según exigieren las necesidades del terreno (Smith, 1848: 63).

El proyecto de Smith es un documento que parte de un diagnóstico y culmina con una propuesta de obras, con un nivel de detalle que refleja una comprensión más próxima del problema que otros antecesores. Este proyecto es una expresión del avance científico en la problematización del tema al final de la primera mitad del siglo.

4.5.2 Las ideas y los proyectos a concurso

La idea del desagüe en Tequixquiac no surge por primera vez en el siglo XIX, sino que en el siglo anterior hubo planteamientos al respecto. La novedad es que la propuesta va acompañada de un diagnóstico y proyecto de obras para concretar la idea. En 1856 la Junta menor del desagüe lanzó la convocatoria para recibir proyectos de solución al problema del desagüe. El más acabado fue el desarrollado por Francisco de Garay. El ingeniero Luis Espinosa, citado por Lemoine (1975), lo reseña en estos términos:

El ingeniero Garay, siguiendo ya el rumbo que Simón Méndez había identificado y que después habían estudiado Velázquez de León y Smith, llevó la línea de su proyecto de modo que terminara en Tequixquiac, abandonando por completo el rumbo de Nochistongo. Esta línea principal consistía en un canal a cielo abierto de 50,380 metros de longitud, un túnel de 8,970 metros, y otro canal terminal de 1,480 metros. Además el proyecto comprendía tres sistemas de canales secundarios, a saber: un canal del Sur, de una longitud de 21 kilómetros, que debía conducir las aguas de Chalco y Xochimilco para introducirlas en las atarjeas de la Ciudad de México; un canal de Occidente, de 72 kilómetros de longitud, con túnel de 650 metros y esclusa, con el fin de comunicar el lago de Xochimilco con el Tajo de Nochistongo; un canal de Oriente, con longitud de 86 kilómetros, con túnel de 4,305 metros y esclusa, para comunicar el lago de Chalco con el de Zumpango. Las condiciones hidráulicas del canal principal fueron calculadas para un gasto máximo de 33 metros cúbicos, con una pendiente de 124 milímetros por kilómetro, y una sección útil, consistiendo en un trapecio de 10 metros en el fondo con taludes de 45 grados, en el cual la altura del agua podía llegar a un poco más de 3 metros: la velocidad se calculó en 85 centímetros (Espinosa citado por Lemoine, 1978:53).

Otros proyectos se presentaron en 1856, como nos lo advierte Luis Espinosa (1902) en la *Memoria histórica, técnica y administrativa de las obras del desagüe del Valle de México*. En la Tabla 4 damos cuenta de la descripción que realiza Espinosa de aquellos proyectos:

Tabla 4. Propuestas para el desagüe en 1856.

Autor del proyecto en el año de 1856	Propuesta en síntesis
Santiago Bentley	Construcción de un canal desde San Lázaro al sur del valle, por el valle de Totolapa.
José M. López de Monroy	Mejoras en las atarjeas de la ciudad con máquinas (bombas) en las lagunas de Texcoco y en San Cristóbal hacia las inmediaciones de esta última y del llano del Salado.
J. A. de Poumaredé	Construcción de un gran sifón desde Texcoco hasta Zumpango, que funcionara por efecto de la presión atmosférica.
John Bowring	Impedir el acceso del agua desde Xochimilco a Texcoco. Canal de desagüe desde la Viga hasta Cuautitlán y de ahí el agua sería bombeada con máquinas hasta el canal de Huehuetoca.
Manuel Gargollo	Construcción de canales para dominar las aguas de las lagunas, desecación de los lagos de Chalco y Xochimilco; aprovechamiento de las aguas de San Cristóbal y Zumpango para riego; rectificación y ensanche de los ríos; un canal general y un túnel abovedado en Tequixquiac para el desagüe natural.

Fuente: elaboración propia con información de Espinosa (1902).

Aunque los proyectos presentados fueron diversos en cuanto a sus enfoques y propuestas para atender la problemática en general carecieron del rigor necesario para fundamentar las intervenciones sugeridas, sobre todo en cuanto a los cálculos cuantitativos de sus supuestos requerimientos.

Entre 1856 y 1866 se le presentaron al gobierno en turno diversos proyectos para atender la problemática de las inundaciones y del desagüe. De esto da cuenta el fondo de Fomento y desagüe del Valle de México del Archivo General de la Nación.

De la revisión de aquellos proyectos se pueden establecer algunos aspectos notables en cuanto al diagnóstico de la problemática de las inundaciones y el desagüe a mediados del siglo en cuestión.

Para José López Monroy (1856) el asunto del drenaje de la ciudad era un tema prioritario para atender y objetaba mezclarlo con los lagos. Proponía una separación de las aguas residuales y de las aguas pluviales, como criterio con el fin de lograr el objetivo del drenaje de la ciudad.

Manuel Gargoyo (1856) tampoco fue partidario de desecar las lagunas del norte ni de Texcoco, pero si se manifestó por desecar Chalco y Xochimilco, buscando la fertilidad de los terrenos que quedarían liberados si se consiguiese aquel propósito. Para la gestión del sistema lacustre propuso la rehabilitación del canal proyectado por Castera.

Santiago Bentley (1856) se pronunció por buscar la conexión de la laguna de Texcoco con la región oriente del valle, con la finalidad de favorecer el comercio mediante canales.

La propuesta de Juan Andrés Poumarede (1859) vislumbró la opción de construir represas en las montañas para regular el afluente de agua a las lagunas y propuso un mecanismo de sifón para estabilizar la corriente en las mismas.

Guillermo de Hay (1866) recomendó rehabilitar el proyecto de Castera y emplear el tajo de Nochistongo para un desagüe alternativo del río Cuautitlán y de la laguna de Texcoco, que sugirió preservar como medida higiénica para la ciudad. En las figuras siguientes se puede apreciar los cortes proyectados por De Hay para rehabilitar el

proyecto de Castera y en la última imagen el autor presenta una comparación de los proyectos de Nochistongo y Tequixquiac (ver ilustración 23).

Ilustración 23. Cortes proyectados por Guillermo de Hay (1866) para ilustrar su proyecto.

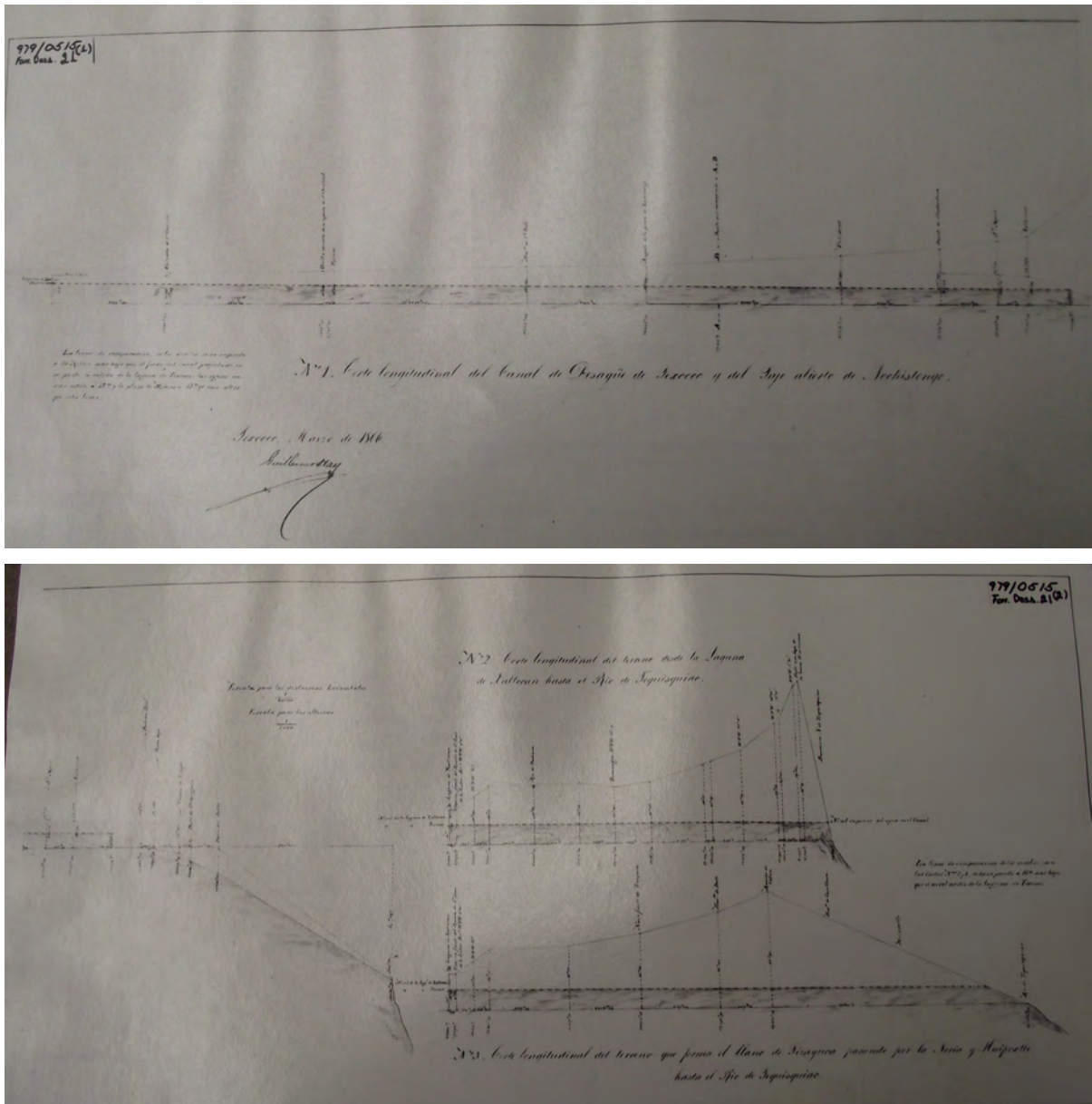
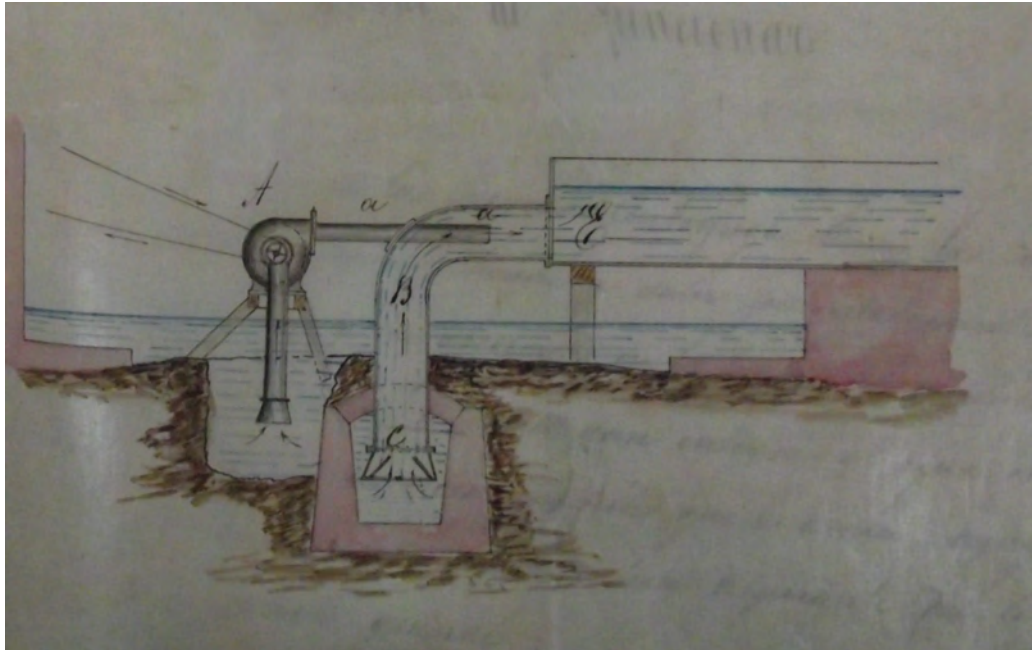


Ilustración 24. Sifón propuesto por Eusebio Soler



Fuente: AGN. Fondo: Fomento y desagüe del Valle de México. Libro 21.

Los diferentes autores de propuestas realizaron diversos ejercicios de cálculo sobre una preocupación común: el volumen de agua a trasladar. Los resultados de sus estimaciones eran divergentes y aún más lo fueron la naturaleza de sus propuestas de solución.

Sin lugar a dudas, por la evidencia de los archivos preservados, el período de 1856 a 1866 produjo una extraordinaria riqueza de pensamiento en cuanto a la problemática hidráulica del Valle de México, de la cual los estudios históricos no han dado cuenta cabal. Pareciera que la historia gravitara sólo en torno de la idea del desagüe directo y que las posturas que divergían de ese objetivo pasaban a un segundo plano. La profusión de planteamientos fue un incentivo para una mejor comprensión de la problemática, en un momento en el que no se tenía un diagnóstico completo de la situación del valle y los efectos para la ciudad que representaba una intervención de la magnitud del desagüe directo.

De Garay también presentó su proyecto a concurso convocado por el gobierno del emperador Maximiliano de Habsburgo, durante la intervención francesa, en la

década de los años sesenta. Al término de la intervención, y restituido el gobierno republicano, se dio arranque a la obra del proyecto de De Garay. Lemoine advierte que el avance fue lento y con pobres resultados:

Pues bien, cuando las condiciones parecieron ser ya propicias, léase la República triunfante de 1867, ¿qué fue lo que se logró? Una galería, inicio del túnel propiamente dicho, de ¡seis metros de longitud!, tres metros a uno y otro lado de la lumbrera número 24 (Lemoine, 1978: 55-57 y 75).

El siguiente impulso al proyecto se dio durante el gobierno del general Porfirio Díaz. En las visiones de Lemoine (1978) y de Perló Cohen (1999), la estabilidad gubernamental sería un factor decisivo para el avance de la obra del desagüe general.

El responsable de la conducción de la obra del desagüe general del valle durante el porfiriato fue el ingeniero Luis Espinosa. El trabajo de éste no fue cosa menor, pues bajo su dirección se concretó la idea del desagüe general del valle. Lemoine nos presenta una cita de Espinosa, describiendo la obra realizada durante el último tercio del siglo XIX:

Constaba de un canal abierto de 50 kilómetros, y a continuación un túnel de 9 kilómetros y 520 metros. El origen del canal estaba en la Ciudad de México, pasaba por los lagos de Texcoco, San Cristóbal y Zumpango, e inmediatamente después de éste se encontraba la conexión con el túnel. El canal tenía una caída de 9.25 metros, y siendo su desarrollo de 50 kilómetros, la pendiente era de 185 milímetros por kilómetro. La profundidad en el origen era de 3 metros, y al fin 22 metros. La sección transversal limitada por el fondo del tajo, de 8.60 metros de ancho, y sus taludes con inclinación de uno por uno... A su paso, en el trayecto de 50 kilómetros, el trazo del canal interceptaba de cuatro a cinco ríos que bajan del poniente a oriente, dirigiéndose al lago de Texcoco. Para impedir que éstos vertiesen sus aguas directamente en el canal, se establecerían en cada una de esas cinco intersecciones, puentes-acueductos que permitirían pasar por encima del canal el agua de los ríos. El plano de comparación al cual están referidas las nivelaciones es... un plano imaginario que pasa 10 metros debajo de la tangente inferior del Calendario Azteca que estuvo fijado al pie de la torre occidental de la catedral de México, y que, removido de allí después, se marcó el lugar colocando una lápida. Referidas a ese plano fueron las siguientes alturas, las que indicaban la posición del canal y demás que adelante se menciona:

Piso de la Plaza de México8.40 m.
Piso del terreno natural en el origen del canal (Garita de san Lázaro) . 8.00 m.
Fondo del canal en su origen ... 5 m.
Fondo del canal al fin ... -4.25 m.

El túnel que seguía inmediatamente del canal, quedó situado por las siguientes acotaciones de su fondo: en el origen, 4.68 metros; en el extremo final, 17.53 metros. Entre el canal y el túnel, en el lugar de su conexión, debía haber una diferencia de nivel de 0.43 que sirviera precisamente para hacer esa conexión, pues tal diferencia era la que existía también entre las alturas que alcanzaría el agua en el túnel y en el canal (Lemoine, 1978: 78-79).

El proyecto del desagüe general tendría como complemento ineludible el proyecto del drenaje de la capital, obra de saneamiento de gran importancia histórica para el desarrollo urbano de la ciudad. Esta idea fue afianzándose durante la segunda mitad del siglo en cuestión, de modo tal que al llevarse a cabo las obras del desagüe por el gobierno de Porfirio Díaz, ambos sistemas –el desagüe general y el drenaje de la ciudad- se estructuraron casi de manera simultánea.

Las características de los diagnósticos y los proyectos en relación a la gestión de los recursos hídricos dentro del valle y la preocupación por obtener un beneficio económico de las obras de gestión hidráulica son aspectos sobre los que pondremos énfasis en las páginas siguientes. Se trata de temas que subyacen a los planteamientos de intervención en el tema del desagüe y cuyo análisis es importante para comprender las obras desarrolladas en el siglo XIX.

4.6 Un documento central: la Carta hidrográfica del Valle de México

Un documento de gran valor para dimensionar el avance en el conocimiento científico de la cuenca fue la *Carta Hidrográfica del Valle de México*, publicada en 1862, como antes señalamos. En ausencia de este documento, los proyectos para el desagüe formulados en los años previos fueron en su mayoría fundamentados en datos aproximados, insuficientes para argumentar la viabilidad de su realización.

Junto con la *Carta* se publicó una *Memoria*, que fue dirigida por el ingeniero Manuel Orozco y Berra (ver nota biográfica en la Tabla 5). La comisión encargada estuvo integrada por los ingenieros Francisco Díaz Covarrubias, Miguel Iglesias, Ramón Almaraz, Mariano Santa María, José Antonio Peña y Próspero Goyzueta.

La estructura de la *Memoria* presenta descripciones minuciosas de la localización geográfica de los cuerpos de agua en el valle (principalmente los lagos) y de las fuentes de agua limpia, los efectos de la región lacustre sobre la salud de los habitantes de la capital así como los usos sociales de los recursos.

Tanto la *Memoria* como la *Carta* son, a su vez, documentos descriptivos y profundamente analíticos. La *Memoria* presenta una caracterización elemental del suelo del vaso lacustre, dando cuenta de la falta de información sobre la historia geológica del valle.

Se presentó y se analizó el fenómeno del desecamiento de los lagos, advirtiéndose la inconsistencia de las mediciones realizadas al final del periodo colonial (divulgadas por Humboldt) sobre la profundidad del lago de Texcoco. Las variaciones con respecto a las mediciones tomadas por los autores eran de tal magnitud que concluyeron la existencia de errores en la toma de esos registros por sus antecesores. No obstante, se advirtió que el fenómeno de desecación acelerada del lago y del aumento del nivel del lecho lacustre eran problemas que carecían de una explicación científica y satisfactoria. Entre las posibles causas de la amenaza constante de inundación los autores reconocieron posibles razones como el aumento del nivel del lecho lacustre en el lago de Texcoco y la influencia de los lagos de Chalco y Xochimilco (Orozco, 1864: 122, 142).

También se hizo un recuento de las obras hidráulicas para el desagüe y el control de los lagos a lo largo de la historia colonial. Los autores se manifestaron por establecer mecanismos de control para la zona lacustre, ya que no eran partidarios de la desecación del valle (Orozco, 1864: 147).

No se pasó por alto los importantes usos productivos de la región lacustre, sobre todo en Xochimilco, encaminados a la producción agrícola, o en Texcoco, por la diversidad de productos que los habitantes extraían del lago para su sostenimiento cotidiano (Orozco, 1864: 184).

Uno de los temas que los autores de la *Memoria* examinaron con atención fue la salubridad en la capital y su relación con el desagüe de sus aguas residuales depositadas en el lago de Texcoco. A propósito de tal proceso, se fundamentó la

hipótesis de que las heces humanas conducidas por el drenaje de la ciudad tuvieron un papel muy importante en la creciente salinización del lago de Texcoco. Consideraron que el tema era de enorme relevancia en el marco de futuras obras de intervención sobre la gestión de los lagos. Las causas del deficiente sistema de drenaje de la capital eran la escasa efectividad de las atarjeas y del Canal de la Viga para arrastrar los desechos, así como el aumento del nivel del lecho lacustre.

El documento no sólo es descriptivo sino que presenta un diagnóstico global de la situación lacustre a mediados del siglo XIX. Sus autores reconocieron que los lagos con mayores efectos negativos sobre la salubridad eran el de San Cristóbal y el de Texcoco y recomendaron su desecación periódica para renovar sus aguas con la temporada de lluvias. También propusieron el desagüe del lago de Texcoco con el fin de convertirlo en un instrumento de gestión activa de la región lacustre (Orozco, 1864: 130-131).

El documento es una pieza muy importante para nuestro tema de estudio en virtud de lo siguiente:

- Constituye un documento de diagnóstico científico de la hidrografía del Valle de México que de manera sintética muestra las características y problemas regionales y urbanos sobre el tema.
- Los especialistas que realizaron la investigación se definieron con respecto a los temas de debate sobre las transformaciones (pasadas y futuras) de la región lacustre.
- Plantea un marco de referencia para las propuestas de intervención y las obras instrumentadas en cuanto a los proyectos de desagüe.

La investigación realizada para la producción de la *Carta hidrográfica* y su *Memoria* marca un hito en el desarrollo del conocimiento científico de la Cuenca del Valle de México. Su contribución no se limita a los aspectos geográficos, sino que contiene diversas consideraciones de índole socio-económico que van a fortalecer la integración de una visión compleja de los fenómenos hidráulicos en la región. Se trata de un documento en el que un grupo de expertos da cuenta de la interrelación entre los aspectos ambientales, sociales y económicos, para dar paso a recomendaciones de política para la gestión regional. Hay pocos documentos históricos que hayan logrado la

síntesis de análisis y reflexión plasmados en la *Memoria para la Carta Hidrográfica*. En suma, se trata de un documento que va a definir un marco renovado de interpretación sobre la hidrología de la cuenca en el siglo XIX y el proyecto de urbanización de la misma.

Tabla 5. Nota biográfica de Manuel Orozco y Berra

La Enciclopedia de México nos señala lo siguiente sobre Manuel Orozco y Berra:

Nació y murió en la ciudad de México (1816-1881). Estudió en el Colegio de Minería, donde obtuvo el título de ingeniero topógrafo, y más tarde, en 1847, el de abogado, tras de haber llevado cursos en el Seminario Palafoxiano de Puebla. Fue secretario de Gobierno de ese estado (1847-1848). Se inició en las letras con su hermano, el novelista Fernando, y ensayó el periodismo. Radicado en México desde 1851, desempeñó diversos empleos, entre otros el de director del Archivo General de la Nación. Acometió diversas empresas científicas: formó la *Carta Hidrográfica del Valle de México*, realizó el análisis paleográfico de los primitivos libros de Actas de Cabildo de la ciudad de México, intervino en la entrega de bibliotecas de las comunidades religiosas suprimidas y fue catedrático de historia y geografía. Fue dos veces oficial mayor encargado del Ministerio de Fomento (1857-1858) en el gabinete del presidente Ignacio Comonfort y después ministro de la Suprema Corte de Justicia. Rehusó ser miembro de la Junta de Notables durante la Regencia; pero urgido por la pobreza, aceptó servir al Imperio de Maximiliano en puestos relacionados con su profesión y cultura: subsecretario de Fomento, director del Museo Nacional y consejero de Estado. Derrocada la monarquía, estuvo preso en el exconvento de la Enseñanza, de donde salió a curarse a su casa, sirviéndole ésta de cárcel durante más de dos meses. Cumplida la sentencia, fue empleado de la Casa de Moneda y se le restituyó en la Sociedad de Geografía y Estadística y en la Academia de Literatura y Ciencias, corporaciones de las que había sido expulsado al igual que sus colegas imperialistas. Discípulo de José Fernández Ramírez, desde su mocedad se dedicó afanosamente a la investigación, llegando a poseer una erudición inmensa, poderoso espíritu analítico, brillantes facultades para la síntesis y juicio claro y objetivo. Solía decir: "De continuo estoy reducido a una triste alternativa: cuando tengo tiempo no tengo pan, y cuando tengo pan no tengo tiempo". Todavía no se ha coleccionado su obra completa, formada en gran parte por monografías, memorias y estudios diseminados en publicaciones oficiales, periódicos y revistas. De lo impreso en volumen sobresale: la dirección y varios artículos del Diccionario universal de Historia y geografía (10 vols., 1853-1856), Noticia histórica de la conjuración del marqués del Valle (1853), Geografía de las lenguas y carta etnográfica de México (1864), Memoria para el plano de la ciudad de México (1867), Materiales para una cartografía mexicana (en que registra 3400 cartas, 1871), Estudio de

cronología mexicana (1871), Apuntes para la historia de la geografía en México (1881); su obra más importante: Historia antigua y de la conquista (4 vols. 1880-1881; 2ª ed. De Ángel María Garibay, 4 vols.1960); e Historia de la dominación española en México (1884;2ª. Ed, 1948) (Álvarez, 1987: 6052).

Fuente: Álvarez. 1987. Enciclopedia de México.

4.7 Francisco de Garay y su aporte conceptual a la comprensión del problema del desagüe

El ingeniero Francisco de Garay (ver nota biográfica en la Tabla 6) fue una de las personas que más atención le dio a los problemas hidráulicos del Valle de México en el siglo XIX. Su actividad se desarrolló sobre todo durante la segunda mitad del siglo, como el Director del Desagüe del Valle de México y con diversas intervenciones en cuanto a proyectos sobre la hidrología de la región. Como director de las obras del desagüe y aun antes, desde la década de los años 1850, realizó el planteamiento de un proyecto para lograr el desagüe general. Sus ideas fueron importantes para el desarrollo de las obras emprendidas por el gobierno del general Porfirio Díaz.

De Garay publicó en 1888 un texto bajo el título de *El Valle de México. Apuntes históricos sobre su hidrografía*. En este documento el ingeniero presenta un recorrido sobre la evolución de las obras del desagüe a partir del siglo XVI hasta el XIX, así como un resumen de las acciones emprendidas a mediados de ese último siglo para contender con las amenazas de inundación sobre la capital del país.

En el texto referido, Francisco de Garay presentó reflexiones con respecto a la hidráulica de la cuenca y desarrolló un diagnóstico de los problemas en el mismo. Uno de los ejes de análisis que planteó el autor en su texto es el recuento de las obras que a lo largo de los siglos transformaron la dinámica hidrológica del valle para generar extensos estancamientos del agua tendientes a deteriorar el ambiente y la salud.

Otra ruta de reflexión la expuso al examinar las potencialidades de explotación económica de los lagos en la región norte del valle. Aunque se llegó a pensar que la producción de sal podría hacer viable su comercialización, De Garay refiere que esa sal era de muy baja calidad y los terrenos en el lecho de los lagos tenían escasa fertilidad.

Uno de los temas de preocupación para el ingeniero fueron los “atierres” en los vasos lacustres, generados a lo largo de los años, que elevaban el nivel del fondo y hacían más proclive a la capital de ser inundada. Durante el siglo XIX diferentes acciones humanas sobre la dinámica lacustre agravaron las circunstancias que aumentaban el riesgo de inundaciones. De Garay advirtió que los efectos de diferentes fenómenos como los intentos por instrumentar la navegación en los canales, la inundación deliberadamente provocada en el marco de la invasión norteamericana o la falta de cooperación de propietarios de terrenos en relación a obras hidráulicas afectaron negativamente la problemática de los lagos, aumentando el riesgo de la capital a lo largo del siglo.

La reflexión de De Garay implicó la conciencia del funcionamiento hidrológico irregular o desequilibrado del medio lacustre. Esta idea, sencilla, constituye un aporte al tema del diagnóstico del problema de las inundaciones, que pocos de los actores a lo largo de la historia del desagüe del Valle de México alcanzaron a conceptualizar.

Un aspecto a destacar en el texto de De Garay es su preocupación por las condiciones de insalubridad para los habitantes de la capital que provocaba el deterioro del sistema lacustre.

En síntesis, en el texto aludido, el ingeniero De Garay no solamente realizó un recuento histórico del desagüe del Valle de México, sino que presentó un diagnóstico en diferentes aspectos para argumentar la necesidad de un proyecto de desagüe general. El texto y la obra de De Garay constituyen un buen referente del enfoque científico del siglo XIX sobre el tema del desagüe.

Como antes se señaló, Francisco de Garay presentó un proyecto de desagüe en 1856, mismo que en 1888 defendía vehemente a través del texto reseñado. Ese proyecto mereció el reconocimiento de las autoridades en virtud de su argumentación y su consideración de los aspectos topográficos, a diferencia de otras propuestas. En las siguientes líneas reflexionaremos sobre las ideas presentadas en aquel proyecto.

De Garay partió de un diagnóstico en el que señalaba la insuficiencia de las obras del drenaje parcial y la necesidad de una obra mayor orientada al desagüe general:

México, en efecto, se ha inundado menos, pero el Valle ha padecido más; su fertilidad ha disminuido, su salubridad se ha perdido; la Capital está siempre expuesta a verse inundada, y una inundación puede causar su ruina. Ha habido error en la apreciación del mal, error en los medios puestos para combatirlo. México no se ha inundado porque el río Cuautitlán haya desbordado; no porque los lagos del Norte hayan roto sus diques; no porque las vertientes del Sur se hayan desatado: México se ha inundado porque se halla situado en el recipiente natural de todas las aguas del Valle, y porque este recipiente no tiene salida. Darles salida directa a las aguas es el único remedio natural que se puede aplicar al mal (De Garay, 1856: 68).

Para el ingeniero la causa principal de las inundaciones no era el eventual crecimiento del caudal del río Cuautitlán, sino la interacción completa de los afluentes de los lagos en todo el valle. De manera especial llamó la atención sobre el papel de los lagos al sur (Chalco y Xochimilco) en el aumento del nivel en el lago de Texcoco y la regulación que se establecía con el volumen de evaporación anual de agua.

El ingeniero De Garay planteó la idea de un desagüe general que permitiera regular la evacuación del agua de los lagos del sur y del lago de Texcoco, principales agentes en las inundaciones que afectaban a la Ciudad de México. Sin embargo, también consideraba importante preservar agua dentro de la cuenca:

Aprovecharé esta oportunidad, para manifestar a la respetable Junta del Desagüe, hasta que punto puede entenderse la navegación en el Valle, y la enorme suma a que ascendería esa canalización, casi sin límite, para que en vista de los recursos con que se cuenta, se determine cuáles son las vías de preferencia de que deban ejecutarse (De Garay, 1856: 67).

Y más adelante:

No consideramos en este lugar la cantidad de aguas que recibe el lago de Zumpango, por tenerlas reservadas en nuestro proyecto para utilizarlas de distintos modos dentro del mismo Valle. De consiguiente, el caudal total de las aguas que reciben los lagos de Texcoco, San Cristóbal, Chalco y Xochimilco, durante toda la estación de aguas en años extraordinarios como el de 1855, es de 777,038,332 varas cúbicas; y dándosele salida del Valle a estas aguas, el problema del desagüe quedaría ventajosamente resuelto, pues en años ordinarios el caudal de aguas será la mitad (De Garay, 1856: 70).

Tan clara era su idea de retener agua en el valle para posibilitar la navegación que en uno de sus proyectos propuso un túnel navegable en las épocas de menores caudales. También estaba convencido que una solución distinta al desagüe general era del todo inviable debido a la gran transformación hidrológica que tenía el valle después de muchos años de modificación en su funcionamiento natural.

Para el ingeniero De Garay la pérdida de fertilidad y aridez generadas por la evacuación del agua fuera del Valle de México constituían problemas serios que deberían ser resueltos mediante un proyecto que regulara de manera efectiva la cantidad de agua en el mismo, alejando el peligro de inundación de la capital:

Con un desagüe negativo establecido en el Valle, se impediría siempre la bajada de las aguas superiores, se paralizaría la navegación y se limitarían los riegos. La esterilidad del Valle y la miseria, se seguirían. Recuérdese la historia del desagüe de Huehuetoca, y se verá que a medida que se ha cortado el agua y que se ha derramado sin provecho fuera del Valle, ha aumentado la aridez del suelo (De Garay, 1856: 71).

De Garay presentó tres alternativas para desarrollar el desagüe general. Su visión comprendía criterios importantes: la utilización productiva del agua dentro del valle y la evacuación de la misma durante el período de lluvias. En la siguiente cita el ingeniero De Garay realizó una síntesis de los objetivos de su proyecto:

En todos los varios proyectos que presento, se ha buscado: 1º el dar salida a todas las aguas en tiempo de lluvias sin detenerlas ni un instante dentro del Valle; 2º el conservar en tiempo de secas toda el agua necesaria para poder mantener dentro del Valle una buena navegación por medio de canales, y 3º aprovechar en los riegos todas las aguas que hoy día se pierden por la evaporación y en parte por el desagüe de Huehuetoca (De Garay, 1856: 72).

De Garay propuso un sistema de control del agua dentro del valle y no solamente un canal de evacuación general. Su proyecto era ambicioso pero no respondió a una visión ingenua, sino consciente de los efectos perniciosos de una desecación total de la región lacustre. El mismo denominó a su proyecto como un sistema de canalización que constituiría la base de la regulación hídrica a nivel regional:

Se habrá observado que en el sistema de canalización que proponemos para el Valle hay cuatro planos de agua principales. El primero lo llamaremos el de Zumpango por estar alimentado principalmente por las aguas de ese lago. El segundo plano es el de Xochimilco porque se surte de los ojos y agua de esa ciénega. El tercero es el del lago de Texcoco porque domina todo su vaso, y el cuarto es del gran desagüe general que vacía su descenso. A más de dos canales comprendidos en esas cuatro categorías hay otras transversales que sirven para poner en comunicación a los primeros entre sí y hacerlos de ese modo más cómodos y útiles. (De Garay, 1856: 77)

Lejos de presentar la visión de De Garay como coincidente con la visión de Smith, es útil resaltar sus diferencias. Ciertamente ambos concluyeron que el lugar más adecuado para llevar a cabo el desagüe general era Tequixquiac. Smith, sin embargo, se concentró en el análisis del desagüe en el norte del valle, mientras que De Garay realizó un examen considerando el diagnóstico del sistema lacustre como totalidad.

Smith se planteó el problema de revisar cuál era la alternativa más conveniente a la rehabilitación del desagüe en Nochistongo. De Garay abordó la problemática desde la perspectiva de la regulación del sistema lacustre.

Tabla 6. Nota biográfica de Francisco de Garay

Sobre Francisco de Garay la Enciclopedia de México señala que:

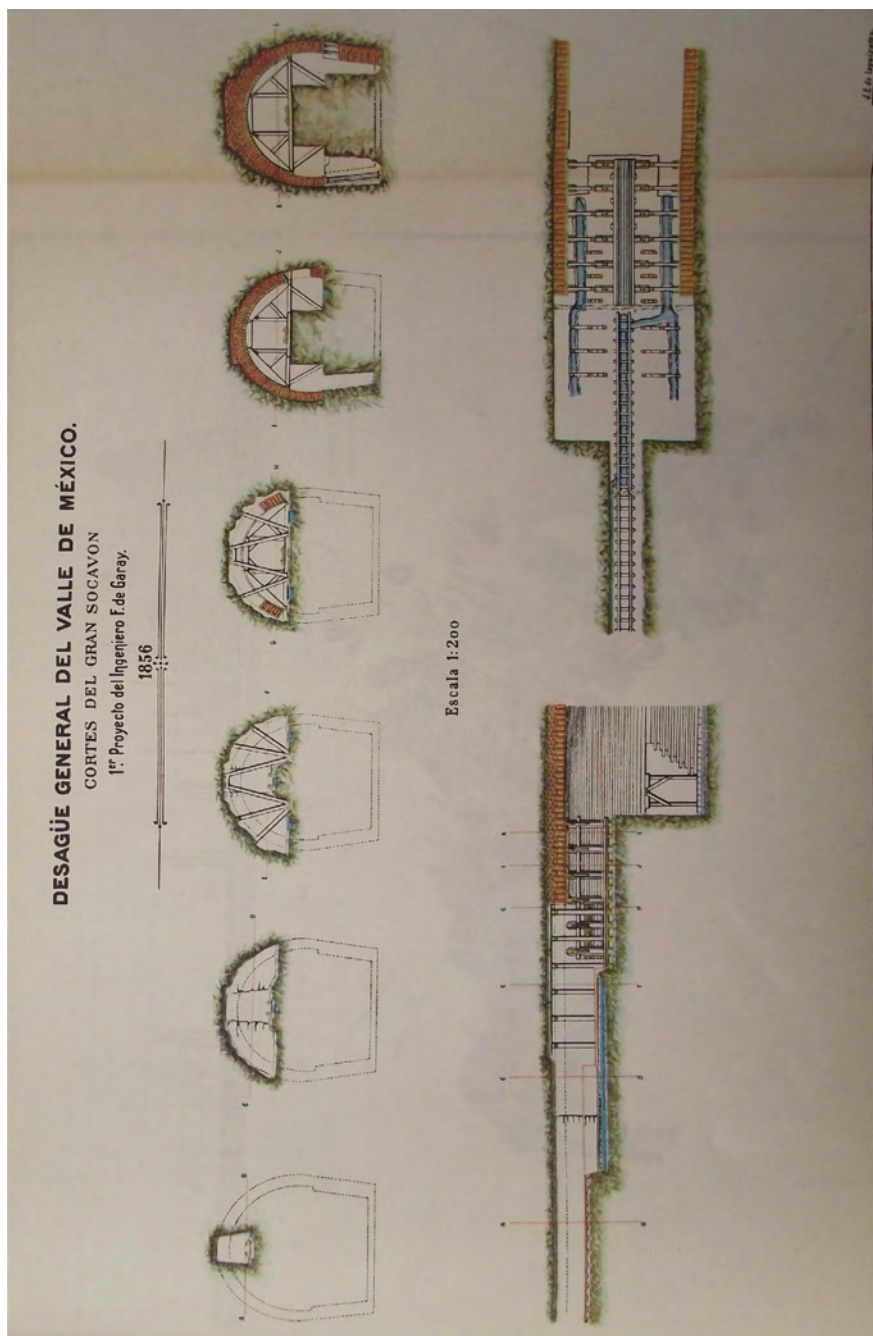
Nació en Jalapa, Ver., en 1825; murió en la ciudad de México en 1896. Hacia 1850 se encargó de las obras del desagüe del valle de México. Maximiliano lo confirmó en esa tarea, pero él no quiso aceptar ni nombramiento ni sueldo. Fue el primer mexicano que recibió la condecoración de la Legión de Honor del gobierno francés. También fue catedrático, varias veces regidor de la ciudad de México y presidente fundador de la Asociación de Ingenieros Civiles y Arquitectos de México. Escribió *El valle de México* (1888) (Álvarez, 1987: 3183).

Fuente: Álvarez, 1987. Enciclopedia de México.

En la siguiente imagen podemos apreciar parte de la documentación presentada por Francisco de Garay en 1856. Se muestra una serie de etapas constructivas del socavón propuesto por De Garay para desalojar el agua del valle. La técnica constructiva del abovedado y la cubeta del túnel se puede observar con claridad en estos diagramas, de carácter informativo, que muestran la seriedad del proyecto

formulado por el ingeniero. Recordemos que tenía previsto que este túnel fuera navegable.

Ilustración 25: Cortes del gran socavón. Proyecto del Ingeniero Francisco de Garay, 1856.



Fuente: Memoria del Sistema de Drenaje Profundo (1976).

4.8 Miguel Iglesias: un puente hacia la estructuración de la visión del Gran Canal

El ingeniero 1° del Ministerio de Fomento en 1866, el señor Miguel Iglesias, presentó en aquel año un documento que sintetizaba un diagnóstico de la situación del proyecto del desagüe. Miguel Iglesias participó en la generación de la *Carta hidrográfica del Valle de México*, de 1862, en donde demostró la profundidad de sus conocimientos sobre la región.

Iglesias, al igual que De Garay, argumentó a favor de instrumentar en el valle un sistema que permitiera favorecer la agricultura, el comercio y la higiene en el mismo.

El ingeniero consideraba que la desecación total traería consigo efectos negativos en cuanto a la higiene debido a la materia orgánica que no sería desalojada. Al respecto, recomendaba que el agua del lago de Zumpango debería ser preservada, mientras que sugería desalojar el agua de los lagos de San Cristóbal y Xaltocan en virtud de su mala calidad. Esta propuesta era consecuente con el diagnóstico que se presentó en la *Memoria para la Carta hidrográfica*.

Iglesias reconoció que el régimen de lluvias y evaporación en el valle era tal que en aquellos tiempos los lagos tenían la tendencia a desecarse. Uno de los ejes principales de su reflexión era el análisis de los efectos negativos en la salud de los habitantes de la ciudad al verse expuestos a los desechos orgánicos alojados en los lagos, que periódicamente se secaban. De ahí que el ingeniero se orientara a argumentar a favor de un sistema de regulación de las aguas en el valle, que alejase la posibilidad de eventuales inundaciones y que proveyese un clima adecuado para la higiene en la región.

Tanto los planteamientos de Miguel Iglesias como de Francisco de Garay constituyeron un antecedente directo del proyecto del Gran Canal. Sus ideas le dieron entrada a un conjunto de propuestas que permitirían materializar el objetivo del desagüe del Valle de México.

4.9 Luis Espinosa: la visión puesta en práctica

El ingeniero Luis Espinosa fue el responsable, junto a la Junta del Desagüe, de encabezar el proceso que llevaría a cabo la construcción de las obras del Gran Canal y el Túnel de Tequixquiac, con las que se concretaría el proyecto del desagüe general del Valle de México, a finales del siglo XIX. Estas obras, de enorme trascendencia en la historia, arrancaron con un diagnóstico de la problemática y de las visiones específicas que formularon, por una parte Francisco de Garay en 1856, y por otra el ingeniero Miguel Iglesias en 1866.

En este apartado se analizará el diagnóstico de Luis Espinosa a partir de sus propias reflexiones presentadas en la *Memoria Histórica, Técnica y Administrativa de las Obras del Desagüe del Valle de México* de 1902.

Entre las aportaciones que hizo Espinosa a la comprensión del tema del desagüe se cuentan dos que particularmente forman parte de lo que denominamos diagnóstico de la problemática del sistema lacustre del Valle de México y que el ingeniero enfatiza en su reflexión plasmada en la *Memoria*.

Una de ellas se refiere al cálculo del *gasto hidráulico* necesario que debía conducir el canal del desagüe proyectado. Aunque este aspecto se refiere directamente al problema proyectual, no por ello está desligado de la comprensión de la dinámica lacustre presente durante la segunda mitad del siglo XIX. Espinosa criticó a sus antecesores (De Garay e Iglesias) debido a que sus cálculos del gasto estaban sobrestimados en razón de volúmenes de agua que excepcionalmente se presentaban en los lagos al norte de la Ciudad de México. Esas condiciones, no habituales, eran incorrectas para el cálculo de la operación cotidiana del canal una vez construido y Espinosa advertía en la sobreestimación un considerable incremento de los costos presupuestados para la ejecución de los proyectos.

La otra cuestión que Espinosa señaló era la vinculación del sistema de drenaje de la capital con el desagüe general del valle. Luis Espinosa contemplaba el asunto como parte del problema y también como parte de la solución desarrollada. A partir de

entonces la vinculación del drenaje de la capital va a coincidir con la ejecución del proyecto del desagüe general.

Las dos consideraciones expresadas en la visión de Espinosa perfilaron un rumbo definitivo para el proyecto del desagüe general: la expulsión del agua fuera de la cuenca y su empleo productivo en otra región. Al argumentar una reducción en el gasto hidráulico no sólo justificaba una reducción de los costos del proyecto sino de las funciones que podría desempeñar el canal. Por otro lado, al asignar al canal, entre sus principales funciones, el desalojo de las aguas residuales de la capital, y no sólo el desalojo de los excedentes de los lagos, se contribuía a reforzar la idea de desalojar de modo definitivo el agua del valle.

Esa orientación del proyecto del desagüe general se basaba principalmente en la interpretación del funcionamiento hidrológico del valle, lo cual no es evidente, pues lo que Espinosa discutió a sus antecesores fue un problema del cálculo del gasto necesario al proyectar el túnel y el canal. Las consideraciones acerca del desagüe general como un proyecto que permitiera encontrar un nuevo equilibrio hidrológico no fueron retomadas como ejes orientadores en el proyecto ejecutado por el ingeniero Espinosa y ese sí era uno de los ejes de reflexión de De Garay.

Al limitar el objetivo de la regulación y el aprovechamiento del agua lacustre al interior de la cuenca se configuró un escenario restrictivo para la posterior evolución de la dinámica hidrológica del Valle de México. Esa orientación fue predominante a lo largo del siglo XX. Un poco más adelante se podrá observar que el proyecto planteado por Luis Espinosa consideraba reducir la mezcla de las aguas negras desalojadas de la Ciudad de México con las aguas del lago de Texcoco. Se buscaba preservar agua en Texcoco como un mecanismo higiénico en el valle.

El cambio de orientación más radical se dio en el eje de los aprovechamientos del agua en el norte y al interior de la cuenca, así como la cancelación de la opción de favorecer mecanismos para la navegación y transporte. Ambos aspectos, tan importantes para los antecesores del proyecto, fueron colocados fuera del objetivo del desagüe, sobre todo en consideración de las restricciones económicas.

Es innegable el valor del trabajo de Espinosa al encabezar la ejecución del proyecto de desagüe general y llevarlo hasta su conclusión. Sin embargo, la determinación de darle un sentido de desalojo del agua fuera de la cuenca tuvo consecuencias para la orientación de las soluciones presentadas con posterioridad pues sus resultados fueron irreversibles.

4.10 Miguel Ángel de Quevedo: una síntesis de las ideas decimonónicas

El ingeniero Miguel Ángel de Quevedo (ver nota biográfica en la Tabla 7) elaboró un documento de carácter histórico y analítico sobre el desagüe del valle, con la finalidad de ser presentado en la Exposición Internacional de París, de 1889. El documento se titula "Memorias sobre el desagüe del Valle de México" y fue editado en el texto *Miguel Ángel de Quevedo. Urbanismo y medio ambiente. Escritos de 1889 a 1941* (Sánchez, comp., 2012)

En el documento referido, De Quevedo realiza un recuento de las acciones emprendidas desde la etapa prehispánica, -ya establecido el dominio de los Mexica en la cuenca-, para gestionar la dinámica hidráulica de la región lacustre. Luego, el autor se detiene con énfasis en el análisis de las obras emprendidas para la contención de los lagos durante el siglo XVI y principios del XVII.

De Quevedo realiza un análisis profundo de las acciones emprendidas durante la época novohispana y concluye que es a finales del siglo XVIII cuando personajes como Castera comienzan a visualizar al desagüe como un mecanismo de gestión hidrológica y urbana, propicio para la integración de actividades económicas regionales. El señalamiento de De Quevedo sintetiza uno de los principales ejes de reflexión de los expertos que abordaron el tema del desagüe durante el siglo XIX.

El ingeniero presenta una síntesis de las acciones emprendidas durante el siglo XIX para atender el problema en cuestión, y finaliza con la descripción de la propuesta que, en el momento de su análisis, se encontraba en proceso de construcción: el Gran Canal y el túnel de Tequixquiac.

Como parte de su documento, Miguel Ángel de Quevedo integró otro texto, generado bajo la conducción de León Derote, Inspector general de puentes y calzadas del gobierno de Bélgica. En ese texto se fundamenta el planteamiento de la conjunción de los sistemas de drenaje de la ciudad y desagüe del valle. Se señala puntualmente que la desecación completa del lago de Texcoco podría ser riesgosa para la higiene regional y que se requiere mantener una lámina de agua permanente, que en caso de escasear podría alimentarse con las aguas provenientes de Chalco y Xochimilco. La confluencia del canal del drenaje de la ciudad se instrumentaría de manera tangencial al lago de Texcoco, con la finalidad de que en este último no se continuara almacenando el agua residual proveniente de la ciudad, sino que fuera conducida fuera de la cuenca por el Gran Canal, junto con el agua del lago de Texcoco que fuese necesario desalojar para mantener su nivel bajo control.

Previo al trabajo encabezado por Luis González Obregón para integrar la *Memoria histórica, técnica y administrativa de las obras del desagüe*, el trabajo de Miguel Ángel de Quevedo ofreció una síntesis de las ideas, los proyectos y las obras que mostraba las ventajas y la concepción económica y técnica de la gestión hidráulica de la cuenca, en cuanto a su desagüe. Este instrumento se evidenciaba como un medio tecnológico de elevada complejidad técnica, con repercusiones múltiples en la vida social y económica de los habitantes del Valle de México.

Tabla 7. Nota biográfica de Miguel Ángel de Quevedo

La Enciclopedia de México nos relata lo siguiente sobre Miguel Ángel de Quevedo:

Nació en Guadalajara, Jal., en 1859; murió en la ciudad de México en 1946. Ingeniero, fue jefe del Departamento Forestal de la Secretaría de Agricultura. Se hizo famoso porque consiguió detener los médanos de Veracruz, especialmente los de la playa norte, mediante la plantación en gran escala de casuarinas, especie que el importó de Australia. Promovió la formación de pequeños bosques alrededor de las estaciones ferroviarias de todo el país. Fundó la Escuela Forestal y con el producto del trabajo de buena parte de su vida compró el rancho Panzacola, en Coyoacán, donde formó los Viveros que cedió a la nación y que todavía existen. Se le llamó "El apóstol del árbol". Pionero del aprovechamiento del agua para fines de generación eléctrica, participó en las obras del Río Blanco, Orizaba, a fines del siglo XIX. Como constructor, erigió la iglesia del Buen Tono y el edificio del Banco de Londres y México, en la capital de la República (Álvarez, 1987: 6784).

Fuente: Álvarez, 1987. Enciclopedia de México.

4.11 Una propuesta para la interpretación de la socioeconomía del desagüe

Uno de los factores más determinantes para entender la lentitud con la que las autoridades de gobierno atendieron la problemática del desagüe durante el siglo XIX fue la falta de recursos financieros.

El aspecto financiero fue uno de los temas que con mayor atención trabajó el Dr. Mora en su informe a principios de siglo. Más tarde, durante el gobierno de la intervención francesa encabezado por Maximiliano de Habsburgo, el tema del financiamiento del proyecto de desagüe ocupó la atención de su Ministro de Fomento. Es en esa etapa cuando se comienza a vislumbrar la posibilidad de explotar el agua desalojada de la cuenca con fines de irrigación en el valle de Tula.

En buena media, las propuestas generadas por el ingeniero Espinosa encontraron buena acogida debido a que en su proyecto se hacía énfasis de los recursos que serían ahorrados con respecto a las propuestas de De Garay y de

Iglesias, fundamentalmente por las diferencias en el cálculo del gasto hidráulico demandado técnicamente por la obra.

A diferencia del periodo colonial, el desagüe comienza a ganar aceptación de los habitantes de la Ciudad de México. Las ventajas de una ciudad con condiciones más saludables constituían un fuerte atractivo para la población urbana, además de reducir el riesgo constante de inundaciones. Sin embargo, la posibilidad de conflicto social con los habitantes de la periferia que vivían cerca a los lagos del norte de la cuenca es advertida de modo implícito en el análisis expuesto en la *Memoria para la Carta Hidrográfica*.

La estabilidad política del período de gobierno de Porfirio Díaz, el acceso al financiamiento externo y el mecanismo de contratar a empresas extranjeras para la realización de las obras de infraestructura, así como el respaldo social de la población urbana, fueron factores decisivos para la ejecución y culminación del proyecto de desagüe general.

No obstante, al constituirse el factor económico en el aspecto determinante en la orientación de las decisiones para el desarrollo de la infraestructura para el desagüe, otros aspectos, -tan relevantes como el impacto social de los proyectos, los efectos ambientales generados por el mecanismo de desagüe o incluso la posibilidad de la diversificación de los modos de aprovechamiento de los recursos lacustres-, pasaron a un plano secundario a nivel de las políticas de gestión hidráulica y a nivel histórico.

4.12 El núcleo del debate científico sobre el desagüe en la segunda mitad del siglo XIX

Hacia finales del siglo XVIII se consolidó la noción de la necesidad de higiene y ordenamiento en la Ciudad de México por parte de algunos expertos como el arquitecto Castera, ideas que se expresan en sus planteamientos proyectuales. Es un lugar común el afirmar que tales planteamientos son producto del pensamiento científico del siglo XIX pero en este apartado se hace énfasis en que tales orientaciones ya estaban

presentes a finales del periodo colonial, no sólo como ideas generales sino también plasmadas en los proyectos de futuras obras.

¿En dónde radica entonces el aporte conceptual del pensamiento científico sobre el desagüe del Valle de México durante el siglo XIX? Entre diferentes aspectos que se podrían señalar hay que subrayar dos en particular.

Por una parte, en ese siglo surge *una noción temprana del equilibrio hidrológico* en el valle y la necesidad de realizar acciones para asegurarlo. Esta idea se encuentra muy presente en los documentos formulados por los expertos que trataron el tema desde diferentes perspectivas a mediados del siglo. Por ejemplo, en la *Memoria para la Carta Hidrográfica* se plantea el problema del equilibrio, lo mismo que años después Francisco de Garay lo retoma como parte de sus argumentos sobre el problema del desagüe.

Por otro lado, el debate generado por la diversidad de proyectos para prevenir de inundaciones a la capital fundamentó lo que denominamos la *integración de sistemas* como un eje de articulación de objetivos varios en cuanto a un tema que se apreciaba cada vez más complejo y mejor enfocado: el funcionamiento hidrológico del valle. La integración de sistemas se refiere a la configuración de proyectos que respondían a diversos objetivos de gestión de la región lacustre, incluyendo la prevención de inundaciones, pero también contemplando aspectos como la irrigación, la salubridad y la transportación entre otros. No sólo se trató de una mayor cantidad de problemas a resolver, sino de la integración sistemática de esos aspectos en proyectos que respondían a enfoques y visiones particulares sobre el valle y la ciudad.

En cuanto a lo anterior, un aporte trascendente del trabajo científico durante el siglo XIX fue *la noción de totalidad regional* como un enfoque que permitía establecer relaciones entre los aspectos ambientales, productivos, sociales y políticos en cuanto al tema del desagüe. Es decir, los diagnósticos de los principales expertos conducían de manera necesaria a una visión integradora a través del planteamiento de proyectos de infraestructura.

¿Cómo se construyeron estos dos aportes conceptuales?

El ambiente científico del siglo XIX influyó en el análisis del tema del desagüe. Si bien durante la primera mitad del siglo la actividad científica en el país tuvo un pobre desarrollo, a partir de la segunda mitad su evolución fue acelerada y en constante expansión, en parte motivada por las iniciativas del Estado y de las sociedades científicas de reciente formación, así como por el auge del desarrollo científico europeo, cuyo impacto en la modernización de la vida productiva y cotidiana era innegable e ineludible.

Claro ejemplo del impacto de la investigación científica en el tema del desagüe fue la construcción de la *Carta hidrográfica del Valle de México*. Se trata de una contribución del y para el pensamiento científico de los problemas hidrológicos del valle y sus interrelaciones con los ámbitos de la sociedad, la economía y la cultura regionales.

Un primer aspecto a destacar en la construcción de los aportes conceptuales del pensamiento científico sobre el desagüe fue la influencia determinante del *despertar de la cultura científica* mexicana y de la retroalimentación que la propia investigación sobre la cuenca tuvo en ese resurgir.

Otro aspecto ligado al anterior fue la *emergencia de un núcleo conformado por diversos expertos*, principalmente de formación ingenieros, quienes hicieron de la gestión de la hidrología del valle su objeto de desarrollo profesional y científico. La presencia de este grupo a lo largo del siglo es fundamental para entender la dinámica del tema a lo largo del periodo analizado.

Un factor poco comentado en la literatura especializada sobre este tema fue la influencia de los gobiernos externos que tuvieron intervenciones en México durante el siglo XIX. Tanto los Estados Unidos de América como el Imperio francés ocuparon el territorio nacional y en esos periodos tuvieron alguna atención hacia el tema del desagüe del Valle de México. En el caso de la intervención norteamericana, los militares designaron una comisión a investigar el problema, mientras que en el caso francés, el gobierno de Maximiliano impulsó la investigación mediante un concurso y una comisión de análisis, junto a otras iniciativas.

El Estado mexicano fue tomando en sus manos el tema del desagüe del valle como un asunto que reclamaba atención en el nivel más alto del gobierno mexicano. Posiblemente este aspecto se desarrolló lentamente, pero fue determinante para la consumación de las obras al final del siglo en cuestión.

Continuando con el análisis del problema del desagüe como asunto científico, el siglo XIX marcó un hito con *la vinculación del drenaje de la ciudad con el desagüe del valle*. Este aspecto transformó el problema como se había planteado anteriormente. No significa que el drenaje de la ciudad no estuviese vinculado antes al sistema lacustre, sino que se encontró en el desagüe del valle un mecanismo para dar viabilidad al drenaje urbano, y de ahí se consolidaron otros postulados del proyecto que finalmente se realizó.

Hubo problemas planteados por los científicos que no encontraron una respuesta satisfactoria, como el aumento paulatino del nivel del lecho lacustre. Sobre este asunto no se lograron generar explicaciones convincentes para su comprensión, lo que era determinante en la discusión de la restitución del equilibrio hidrológico.

Otro de los aportes del enfoque científico moderno del problema del desagüe consistió en *mostrar la viabilidad del desagüe general como un instrumento de gestión de los recursos hídricos dentro y fuera de la Cuenca del Valle de México*. Esta idea fue dominante en la estructuración de la visión que prevaleció hacia finales del siglo, pero se comenzó a estructurar desde mediados del mismo. Se reconoció la importancia de la utilización productiva del agua, para la irrigación y la navegación, así como los suelos desecados para el cultivo.

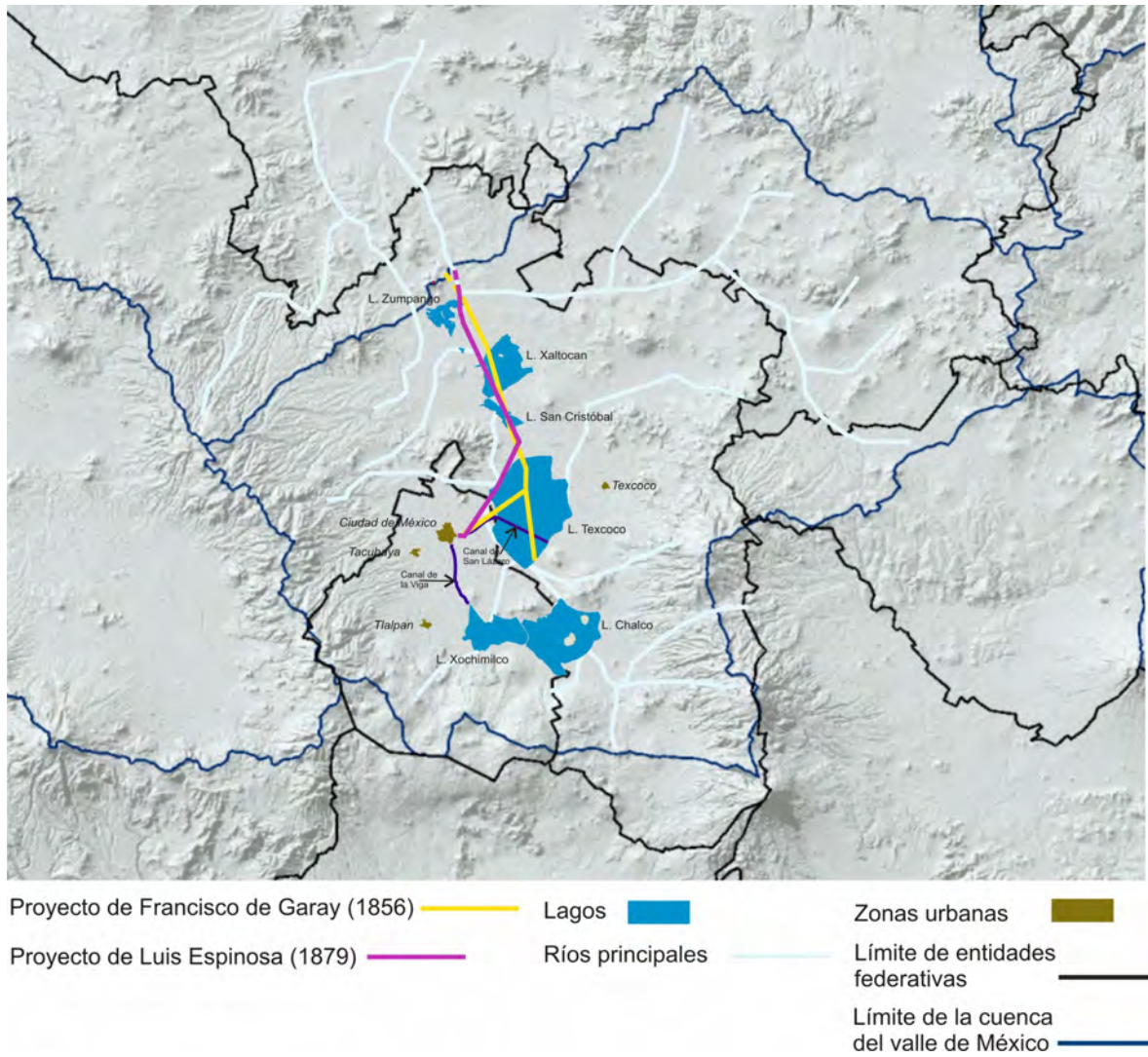
En términos generales, los expertos confrontaron puntos de vista que se expresan en visiones globales sobre el funcionamiento natural y la gestión hidrológica de la cuenca.

En el siguiente mapa se puede apreciar la superficie ocupada por los lagos en la Cuenca del Valle de México hacia la década de los años sesenta del siglo XIX (ver ilustración 26). Esa superficie está configurada en nuestra imagen con base en la *Carta hidrográfica* de 1862. Los expertos registraron diferentes extensiones de la superficie lacustre debido a los cambios que a lo largo del tiempo se dieron en la hidrografía de la

región y también debido a las diferencias que ocurrían a lo largo de un mismo año como consecuencia de factores climáticos. En color amarillo se puede observar el trazo del proyecto principal de Francisco de Garay para el desagüe general del valle y en color rojo se muestra el trazo del proyecto encabezado por Luis Espinosa.

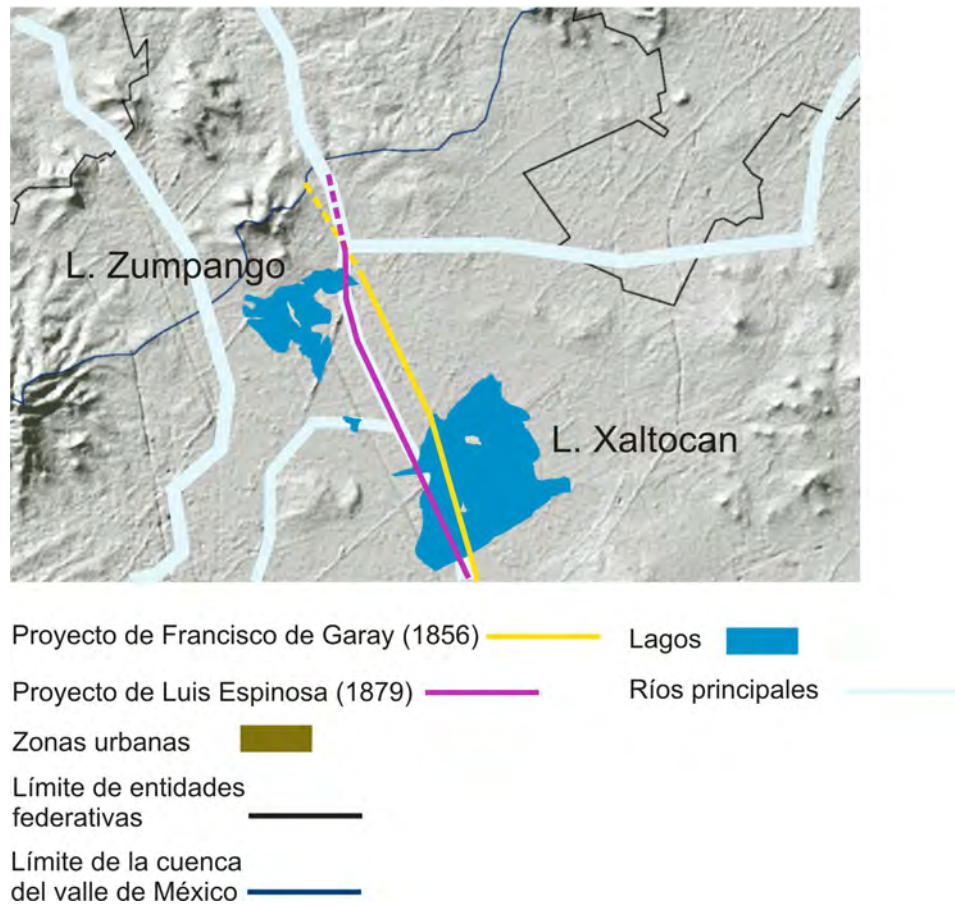
Buena parte del debate entre los ingenieros Francisco de Garay y Luis Espinosa se centró en la parte del túnel al final del proyecto de desagüe, en la parte superior del mapa. Ambos coincidieron en señalar a Tequixquiac como la región más conveniente para realizar la salida del desagüe, pero difirieron en los trazos de sus respectivos túneles. Espinosa hizo un trazo al oriente de la propuesta de De Garay, como lo podemos apreciar en la segunda imagen a continuación (ver ilustración 27).

Ilustración 26. Los proyectos de De Garay y Espinosa.



Fuente: elaboración propia con base en cartografía de la época e información de CONABIO.

Ilustración 27. Los proyectos de De Garay y Espinosa. Túneles.



Fuente: elaboración propia con base en cartografía de la época e información de CONABIO.

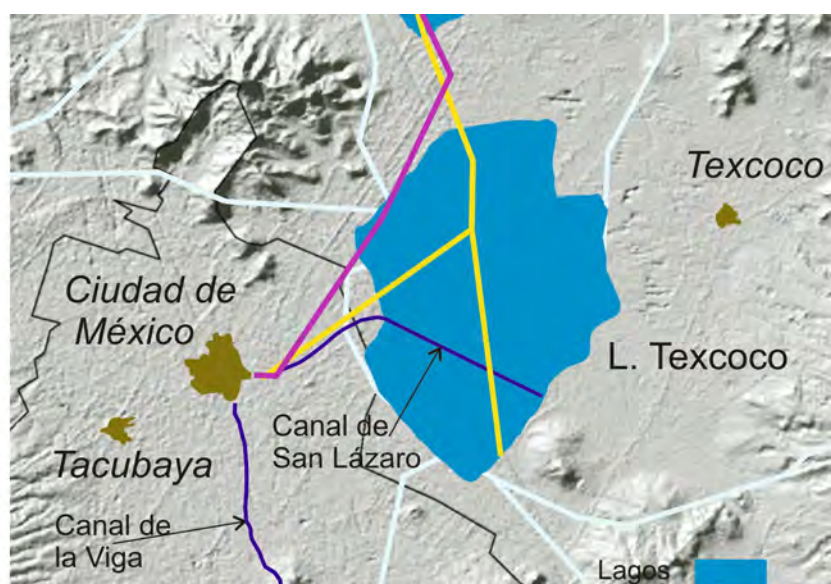
El debate entre Espinosa y de Garay tuvo un carácter técnico. No obstante, en términos del pensamiento científico, los proyectos reflejaban diferencias más profundas como a continuación veremos.

Uno de los aspectos que se pueden apreciar con claridad al comparar estos proyectos es que Francisco de Garay planteó la construcción de canales que atravesaban por sus regiones centrales los lagos de Texcoco y Xaltocan, mientras que en el proyecto de Luis Espinosa el trazo de los canales es más tangencial a los lagos. Estos trazos denotan intenciones diferentes sobre la funcionalidad de los canales, pues en el caso de De Garay se buscaba un doble mecanismo, de regulación de la región

lacustre y de medio de transporte, mientras que con Espinosa el objetivo estaba más orientado al desecamiento, aunque como lo señaló Miguel Ángel de Quevedo a partir del informe de Derote, se reconocía la necesidad de mantener agua en el lago de Texcoco y de no continuar la mezcla del agua residual de la ciudad con el lago.

La afirmación anterior se puede revisar con más detalle en el siguiente mapa, en el que se muestran los trazos de los proyectos de Garay y de Espinosa sobre el lago de Texcoco (ver ilustración 28). Ambos proyectos tenían como objetivo principal el lograr el mecanismo para el desagüe directo del valle, pero la visión de Espinosa para intervenir la región lacustre estaba más orientada al desalojo de las aguas servidas de la Ciudad de México y el drenaje del lago de Texcoco, mientras que De Garay tenía un objetivo más orientado a la regulación de los niveles lacustres.

Ilustración 28. Los proyectos de De Garay y Espinosa. Intervención en el lago de Texcoco



Proyecto de Luis Espinosa (1879)		Ríos principales	
Zonas urbanas			
Límite de entidades federativas		Límite de la cuenca del valle de México	

Fuente: elaboración propia con base en cartografía de la época e información de CONABIO.

De este modo se muestra que las diferencias de visión sobre la problemática lacustre tenían fuertes repercusiones sobre el planteamiento de proyectos de solución a la problemática de gestión de la región lacustre.

Un aspecto que trajo como consecuencia el trabajo científico sobre el tema del desagüe fue que el problema evolucionó de ser un asunto para lograr el desagüe a un asunto relativo a la gestión hídrica de la región. Este cambio se inició a finales del siglo XVIII, pero se consolidó sobre todo en la segunda mitad del XIX.

El papel que el Estado mexicano asumió frente a la problemática, en diferentes grados y momentos, se caracterizó por su influencia en el tono y la intención del trabajo científico. Por ejemplo, la convocatoria realizada por el gobierno de Maximiliano de Habsburgo demandaba la presentación de proyectos para impedir las inundaciones; posteriormente en el gobierno de Díaz se examinan proyectos para conseguir el drenaje directo. El Estado demandaba proyectos, mientras que la investigación para generar diagnósticos se dejó en manos de los científicos expertos para que realizaran las labores descriptivas necesarias. El Estado mexicano orientó la intervención lacustre con una visión hacia lo urgente y no dio paso a un trabajo científico y sistemático, que funcionara como mecanismo organizador de las acciones a emprender, al señalar como lo prioritario únicamente la presentación de proyectos.

Los procesos de diseño para la generación de propuestas y proyección de obras le dieron un impulso significativo a la construcción de un pensamiento científico sobre la cuenca. En ese sentido resulta destacable la conexión con las visiones y planteamientos de diseño a finales del periodo colonial, que aquí se presentaron como antecedentes, pues proporcionaron un marco de referencia y un conjunto de ideas y expectativas a satisfacer mediante la intervención en la región lacustre. Los expertos de mediados de siglo, apoyados en ese marco referencial, dieron un siguiente paso profundizando el conocimiento y penetrando con mayor detalle en la comprensión del funcionamiento hidrológico de la región. Tanto las ideas formuladas en la *Memoria para la Carta Hidrográfica*, las síntesis logradas por Francisco de Garay o Miguel Ángel de Quevedo sobre los mecanismos reales que alentaban el riesgo de inundación, fueron planteamientos resultado del trabajo de los expertos y de la experiencia derivada de las

intervenciones hidráulicas. Se dieron las condiciones para un debate extenso acerca del propósito del desagüe general, con diferentes momentos de intensidad entre 1856 y 1889.

El papel modulador del Estado en cuanto a la problemática lacustre (así como el debate sobre sus causas y soluciones) existió porque inevitablemente surgieron los distintos puntos de vista de los expertos en cuanto a sus respectivos diagnósticos y propuestas de solución.

Los resultados de ese debate generaron las bases conceptuales de la discusión científica para los problemas hidráulicos del valle en siguiente siglo y, en ese sentido, el debate decimonónico tuvo un papel seminal en la estructuración del pensamiento urbanístico contemporáneo.

Una radical y acelerada transformación de las condiciones ambientales en la cuenca se estaba gestando, sobre todo con la magna intervención que representó la obra del Gran Canal. El desagüe, constituido finalmente en realidad, no tuvo resultados del todo imprevistos. Su ejecución fue precedida por décadas de análisis y discusión sobre los posibles efectos de este mecanismo desde la perspectiva social, ambiental y urbana.

Esta profunda transformación tuvo también una consecuencia hacia el debate científico: en alguna medida la consolidación de una visión de Estado sobre la gestión hidráulica de la cuenca interrumpió la continuidad de la discusión científica.

Volvamos por un momento al siglo XVII, cuando a mediados de la década de 1630 se logra la síntesis expresada en la *Relación* de Fernando de Cepeda. Ese trabajo, referente ineludible en la investigación de la estructuración del pensamiento científico sobre el tema tratado en este trabajo, fue también consecuencia de la catástrofe de 1629. Ante una problemática no resuelta el debate prosiguió durante el resto del periodo colonial.

A finales del siglo XIX la historia parece ser distinta. La culminación de la obra del Gran Canal abre un impasse en el intenso debate que la precedió y la acompañó. No obstante, es apariencia. Ante el colapso de la funcionalidad del drenaje urbano en las primeras décadas del siglo XX, el debate se reactivó con gran fuerza.

El papel de las acciones de proyectación e intervención urbanística en relación con la estructuración del conocimiento científico, por lo menos en términos del desagüe, ha sido múltiple. Mediante su planeación se ha profundizado en el diagnóstico. Con su operación se ha visualizado el comportamiento hidráulico de la cuenca, y con su falla se ha dado pauta a renovados esfuerzos por comprender y replantear las interacciones del proceso de urbanización con el medio natural.

Capítulo 5. Urbanización, drenaje y desequilibrio hidrológico: el debate a mediados del siglo XX

5.1 Introducción

El objetivo principal de este capítulo es explicar cómo se relacionaron los debates sobre el hundimiento del suelo y el desequilibrio hidrológico de la Cuenca del Valle de México con la estructuración del proyecto del Sistema de Drenaje Profundo (SDP) del Distrito Federal.

Con ese propósito se propone un cuestionamiento a la aparente continuidad histórica de las políticas hidráulicas en la Cuenca del Valle de México, sobre todo entre el fin del siglo XIX y mediados del siglo XX. El descubrimiento de un fenómeno de desequilibrio en cuanto al funcionamiento hídrico de la cuenca, en un contexto de crecimiento urbano y demográfico, puso en entredicho las orientaciones desarrolladas durante la primera mitad del siglo XX sobre el tema del abasto de agua y drenaje para la capital del país.

La puesta en operación del Sistema de Drenaje Profundo, a partir de 1975, acentuó el orden de cosas que generaron una transformación del sistema hidrológico. Fue un gran costo dotar a la ciudad de un mecanismo contundente para la gestión de las aguas residuales y la amenaza de inundaciones.

Para llevar a cabo el análisis propuesto se han formulado las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuáles fueron los aportes de los expertos científicos a la comprensión del hundimiento del suelo y del funcionamiento hidrológico de la Cuenca del Valle de México a mediados del siglo XX?
- ¿Qué enfoques hubo sobre el planteamiento del desequilibrio hidrológico de la Cuenca del Valle de México?
- ¿De qué modos participaron los expertos científicos en la configuración de las políticas públicas hidráulicas para el Valle de México en el período que va de 1950 a 1970?

Para considerar esta problemática se analizarán, de manera particular, algunos acontecimientos históricos ocurridos en el período que arranca en 1950 y culmina en 1967. En ese lapso se llevó a cabo la configuración del proyecto de Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal, obra que se realizó bajo la conducción conjunta del Gobierno Federal del país y del Departamento del Distrito Federal.

5.2 Detalle sobre las fuentes de investigación empleadas

Para desarrollar la investigación se ha recurrido a un conjunto de fuentes directas, localizadas en diferentes archivos históricos en la Ciudad de México: el Archivo General de la Nación, el Archivo Histórico del Distrito Federal, el Archivo Histórico del Agua, el Archivo Histórico de la Universidad Nacional y la Biblioteca del Instituto de Geología de la Universidad Nacional.

En el Archivo General de la Nación se consultó, en el fondo Instituciones gubernamentales: época moderna y contemporánea, sección Archivos presidenciales, los archivos de los presidentes Miguel Alemán Valdés y Adolfo Ruiz Cortínez. Se encontraron documentos relativos a solicitudes dirigidas al presidente, por parte de especialistas en temas relacionados con hidráulica, para presentar propuestas de solución a problemas como el drenaje de la ciudad, el desagüe del valle o la prevención de inundaciones en la capital del país.

En el Archivo Histórico del Distrito Federal se consultaron, en el fondo del Departamento del Distrito Federal, Sección Dirección General de Obras Públicas, archivos relativos al tema del drenaje en diferentes años. En particular, se hará referencia a los archivos de estudios auspiciados por la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, de principios de la década de los años 1930, sobre el tema del abasto y drenaje de agua para la Ciudad de México; y también se hará referencia a los archivos de las Actas de sesiones ordinarias y extraordinarias de la Comisión Técnica de Supervisión del Sistema de Drenaje Profundo, que trabajó entre los años de 1971 y 1975. En el archivo se disponen de actas desde el año 1973 hasta la finalización de los

trabajos de la Comisión. El Dr. Manuel Perló Cohen generosamente facilitó acceso directo a la copia que posee de las actas de la Comisión Técnica, gracias a lo cual fue posible revisarlas con detenimiento.

La consulta al Archivo Histórico del Agua permitió localizar un conjunto de archivos relevantes en el fondo Consultivo Técnico, con relación a los estudios y discusiones en la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, sobre el desequilibrio hidrológico de la Cuenca del Valle de México a mediados del siglo XX.

Para el caso del Archivo Histórico de la Universidad Nacional se consultó el Fondo Nabor Carrillo, en el que se encontraron diversos documentos como entrevistas, artículos de investigación, de divulgación y notas guardadas por el Dr. Nabor Carrillo; todos relacionados con los temas del hundimiento de la Ciudad de México, el abasto de agua y drenaje de la ciudad, así como diversas ideas para resolver esas problemáticas.

Se consultó la Biblioteca del Instituto de Geología de la Universidad Nacional, instancia que resguarda un ejemplar del documento denominado *Plan general para resolver los problemas de hundimiento, las inundaciones y el abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México*, elaborado por la Dirección General de Obras Hidráulicas en 1954. A su vez, en esta biblioteca se consultaron varios tomos de la Revista de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México a partir del año de 1925.

Por otro lado, la investigación se ha apoyado en fuentes bibliográficas, entre las que destaca el documento *Memoria histórica del Sistema de Drenaje Profundo*, texto publicado por el Departamento del Distrito Federal en el año de 1975, con motivo de la culminación e inauguración de la primera etapa de las obras del Sistema. Este documento reúne una serie de estudios técnicos e históricos sobre la Cuenca del Valle de México y la problemática de su desagüe, así como el drenaje de la ciudad y una detallada descripción técnica de los estudios para instrumentar el SDP y sus características. Se trata de una obra que consta de cuatro tomos, uno de los cuales es un extenso compendio tanto de mapas como de esquemas históricos sobre la Cuenca del Valle de México y la ciudad, desde la etapa prehispánica hasta el siglo XX, referentes que han resultado de gran valor para esta investigación.

También se hizo consideración de textos publicados por especialistas a partir de la década de los años cincuenta, sobre todo en relación con el asunto del hundimiento de la Ciudad de México.

Como se puede ver, las fuentes históricas se encuentran dispersas en diferentes archivos. A partir de su examen se fue perfilando el tema de investigación para esta parte del trabajo, es decir, el hundimiento del suelo y el desequilibrio hidrológico en la cuenca durante el siglo XX. Estos temas permiten enfocar el tipo de discusión científica entre expertos, que se desarrolló durante el período referido, y permiten abordar las interrelaciones de los diagnósticos sobre las condiciones hidrológicas en la región con los problemas urbanos del hundimiento de la ciudad, su expansión territorial, su crecimiento demográfico y la problemática del riesgo de inundaciones.

5.3 Una visión panorámica de la ciencia en México durante la primera mitad del siglo XX

En este apartado se presenta una visión general sobre el estado de la ciencia en la primera mitad del siglo XX, a nivel nacional e internacional, para contextualizar las reflexiones sobre el tema de investigación, poniendo especial interés en la primera mitad del siglo en cuestión.

En el contexto internacional, la ciencia vivió una serie de transformaciones de importancia a lo largo del siglo XX. Por un lado emergieron nuevas disciplinas o subdisciplinas, mientras que otras atravesaron por profundas crisis que las condujeron a su transformación. Con cierta reserva se puede afirmar que los enfoques científicos del siglo XX abandonaron paulatinamente los criterios mecanicistas o deterministas heredados del siglo XIX y que se abrieron hacia ópticas más transversales en el estudio de los problemas.

Stephen Mason (1953, ed. 2012) señala que en la etapa temprana del siglo XX se hicieron evidentes ciertos efectos negativos en la sociedad generados por la modernización, cuyo origen se puede ubicar en el avance científico de épocas previas.

Tal situación puso en evidencia el papel de la ciencia de cara a la calidad de vida de las sociedades modernas.

Mason señala algunas líneas de la investigación científica cuyo momento estelar ocurrió en las primeras décadas del siglo:

- la investigación que configuró a la genética como un campo científico,
- el planteamiento de la teoría de la relatividad en la física,
- la investigación sobre la estructura del átomo y las teorías de la física cuántica,
- la investigación en astrofísica.

La investigación científica no ha sido propiedad exclusiva de los países de mayor desarrollo. No obstante, la creación y consolidación de instituciones que le dieron impulso y dirección a la investigación científica fue un fenómeno novedoso para países como México, especialmente a finales del siglo XIX y durante el siglo XX.

Durante las primeras décadas del siglo pasado algunas instancias de actividad científica en México comenzaron a cobrar impulso, no sin verse afectadas por los acontecimientos políticos revolucionarios que se desarrollaron en el país. La fundación, a principios de 1910, de la Escuela de Altos Estudios, -dedicada al desarrollo de la ciencia con carácter básico-, y su incorporación posterior a la Universidad Nacional de México, fue un acontecimiento embrionario del proceso que estructuró la actividad científica como fenómeno institucional, acontecido durante el siglo.

Hay que señalar que la Universidad Nacional fue inaugurada en 1910 y que tras un largo camino de encuentros y desencuentros con los diferentes gobiernos que se sucedieron a lo largo de los primeros decenios, se fue estableciendo como la principal instancia para el desarrollo de la investigación científica en la nación. Ruy Pérez Tamayo advierte que esto se puede considerar así a partir de 1929, cuando se incorporan a la Universidad los institutos de Biología y Geología, así como el Observatorio Astronómico Nacional, y con ellos los primeros investigadores científicos integrantes de esa casa de estudios (Pérez Tamayo, 2005).

Como lo señala el mismo autor, junto a la Universidad Nacional, la fundación del Instituto Politécnico Nacional y el Colegio de México, constituyeron el eje de articulación

de la educación superior en el país, con claras repercusiones en el desarrollo de la actividad científica.

Pérez Tamayo también reconoce que el arribo y desempeño de los científicos exiliados tras la Guerra Civil en España, a finales de la década de los años treinta, fue un fenómeno que tuvo un impacto positivo en el avance de la actividad científica de México, pues los exiliados encontraron en el país a instituciones de educación superior de reciente creación, que les brindaron espacios adecuados para su desarrollo.

Fue a partir de la década de los años treinta cuando la investigación científica comenzó a seguir una trayectoria definida y ascendente, en alguna medida favorecida por una situación política más estable que en años previos:

Con la fundación del Instituto Politécnico Nacional (IPN), en 1937, se amplió la base a partir de la cual podría empezar a desarrollarse la ciencia en el país, [...] poco a poco se fundaron en el país otras instituciones dedicadas a la investigación científica, especialmente en el área biomédica, como el Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales (1939), el Hospital Infantil de México (1943), el Instituto de Nutriología (1944), el Instituto Nacional de Cardiología (1945), y el Hospital de Enfermedades de la Nutrición (1947). También, en 1943 se fundó el Instituto Nacional de la Investigación Científica (INIC) [...] finalmente sustituido por el Conacyt en 1970 [...] En 1961 se fundó el Cinvestav, la penúltima institución dedicada a la investigación científica y a la docencia de posgrado que estableció el Estado en el siglo XX, ya que en 1973 todavía se fundó la UAM, por solicitud de la ANUIES [...] (Pérez, 2005: 289-290)

No obstante, Pérez advierte una problemática de fondo en el desarrollo científico de México en el siglo XX. Para el investigador, en nuestro país se ha favorecido el desarrollo de la denominada ciencia aplicada y se ha dejado en segundo término lo que se denomina ciencia básica.

Otro aspecto que el autor referido señala como pauta del desarrollo científico en el país es la configuración de una comunidad científica nacional, a lo largo del siglo XX, que ha logrado generar una transformación de la relación de la ciencia y la sociedad, a pesar de la falta de continuidad de la política del Estado hacia el tema.

La efervescencia de la actividad científica en la primera mitad del siglo constituyó un importante factor en el contexto del análisis y la investigación sobre los problemas hidráulicos del Valle de México, entre ellos, los que se analizan en este capítulo: el hundimiento del suelo de la ciudad y el desequilibrio hidrológico de la cuenca.

5.4 Visión general de los acontecimientos históricos

El análisis se centra en la comprensión del debate científico desarrollado por los expertos entre los años de 1950 a 1970. Durante aquellos años la cuestión de la gestión hidrológica del Valle de México fue abordada con interés por los dos niveles de gobierno con sede en la región: el gobierno federal y el gobierno local a través del Departamento del Distrito Federal.

Ese período se inició con la operación del sistema de abastecimiento de agua potable para la Ciudad de México desde la cuenca externa del río Lerma y finalizó con el inicio de la construcción del Sistema de Drenaje Profundo. A lo largo de aquellos años se generaron instituciones que darían forma a diversos proyectos para la gestión hidrológica de la Ciudad de México y su Zona Metropolitana.

La Tabla 8 nos muestra una relación de acontecimientos destacados en el contexto de la problemática abordada en la investigación, con la finalidad de ofrecer un marco sintético de referencia:

Tabla 8. Acontecimientos de referencia para el período estudiado (1950-1975)

Períodos temporales	1950-1954	1955-1959	1960-1964	1965-1969	1970-1975
Gobierno Federal	Gobierno de Miguel Alemán Valdés (1946-1952) Gobierno de Adolfo Ruiz Cortínez (1952-1958)	Gobierno de Adolfo Ruiz Cortínez (1952-1958) Gobierno de Adolfo López Mateos (1958-1964)	Gobierno de Adolfo López Mateos (1958-1964)	Gobierno de Gustavo Díaz Ordaz (1964-1970)	Gobierno de Luis Echeverría Álvarez (1970-1976)
Departamento del Distrito Federal	Jefe del Departamento del DF: Fernando Casas Alemán (1946-1952) Jefe del Departamento del DF: Ernesto Uruchurtu (1952-1966)	Jefe del Departamento del DF: Ernesto Uruchurtu (1952-1966)	Jefe del Departamento del DF: Ernesto Uruchurtu (1952-1966)	Jefe del Departamento del DF: Alfonso Corona del Rosal (1966-1970) Jefe del Departamento del Distrito Federal: Alfonso Martínez Domínguez (1970-1971)	Jefe del Departamento del DF: Octavio Sentíes Gómez (1971-1976)
Acontecimientos relevantes en cuanto a obras y proyectos de gestión hidrológica de la Cuenca del Valle de México	Inicio de las operaciones del acueducto de Lerma para el abasto de agua para la capital Inundaciones persistentes en el centro de la ciudad y otros puntos urbanizados. Constitución de la Dirección General de Obras Hidráulicas	Desarrollo de obras para reforzar la infraestructura de drenaje de la ciudad. Presentación del proyecto de Sistema de Drenaje Profundo		Inicio de la obra del Sistema de Drenaje Profundo (17 de marzo de 1967)	Desarrollo y conclusión de la 1ª etapa del Sistema de Drenaje Profundo (15 de mayo de 1975)

Fuente: Elaboración propia

Las inundaciones ocurridas durante la década de los años 1950, que principalmente afectaron al centro de la ciudad, marcaron un momento singular para la gestión del agua en la misma (ver la ilustración 29). Este proceso no era solamente de carácter administrativo, sino que implicaba la participación de los especialistas científicos, dada la complejidad que hemos referido en sus causas. El contexto estaba

definido por la expansión de la ciudad capital, fenómeno que se manifestaba cotidianamente.

Ilustración 29. Inundación en algunas calles de 5 de Febrero, 5 de junio de 1952.



Fuente: Museo Archivo de la Fotografía, Secretaría de Cultura, Gobierno del Distrito Federal. Inventario 3693

Frente a la problemática que aquejaba a la capital hubo una respuesta gubernamental en diferentes niveles de atención. Por una parte, se desplegaron un conjunto de acciones para atender a los damnificados y para evitar la propagación de enfermedades. Las obras en contra de las inundaciones quedaron a cargo del ingeniero Eduardo Molina, quien desde la década de los años 1930 se encontraba al frente de la Dirección de Aguas en la capital del país.

Por otro lado se dio paso a la creación de instituciones para dar una atención más frontal al tema de la gestión del agua en la ciudad.

El gobierno federal creó, en el año de 1952, la Comisión Hidrológica del Valle de México, instancia a cargo de la Secretaría de Recursos Hidráulicos. Uno de los

asesores técnicos de esta Comisión fue el ingeniero José A. Cuevas, quien se destacó por ser uno de los iniciadores del estudio de la mecánica de suelos en México. Años atrás, Cuevas motivó a otros científicos, como Nabor Carrillo, a investigar el problema del hundimiento del suelo de una manera sistemática.

En el año de 1953 el Departamento del Distrito Federal, entonces bajo la responsabilidad de Ernesto Uruchurtu, creó la Dirección General de Obras Hidráulicas (D.G.O.H.), con la finalidad de gestionar localmente los temas de abasto de agua y drenaje de la ciudad. La dirección de este organismo quedó a cargo del ingeniero Fernando Hiriart.

Las inundaciones que afectaron a la capital del país a principios de la década de los años cincuenta pusieron de manifiesto, de manera fehaciente, la vulnerabilidad del sistema hidráulico de la entidad. Estos eventos propiciaron que en los años siguientes se pusieran en marcha nuevas acciones como la reducción paulatina del bombeo de pozos y el inicio de la recarga artificial de los mantos freáticos.

Más aún, en respuesta a los cambios demográficos y urbanos, proyectos como la importación de agua desde cuencas externas al Valle de México se perfilaron para consolidarse como políticas definitivas en las décadas siguientes.

En ese marco, las inundaciones fueron una llamativa señal para advertir la necesidad de nuevas políticas en cuanto a la gestión del agua en la ciudad. Es claro que a principios de la década de los años cincuenta el modelo heredado de fines de siglo XIX, -con el abasto de agua cada vez más basado en la explotación de pozos y el drenaje organizado en torno al sistema del Gran Canal-, estaba agotado.

De ese modo surge la necesidad para la definición de estrategias de gestión del abasto y el drenaje del agua para una ciudad en permanente crecimiento. En ese marco, la comprensión del fenómeno del hundimiento era ineludible. Tendría que contemplarse como un parámetro del problema en general.

En el año de 1954 la D.G.O.H. presentó su *Plan general para resolver los problemas del hundimiento, las inundaciones y el abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México*, con la finalidad de especificar un conjunto de estrategias y acciones para atender la problemática contingente y los temas de mediano plazo sobre el agua

en la ciudad. Con este plan, entre otras cosas, se buscaba dar viabilidad a las obras de desagüe del Gran Canal que habían perdido eficiencia a causa del hundimiento. Para ello se pensó dar continuidad a la construcción de grandes colectores subterráneos para gestionar el desalojo de las aguas pluviales, entre otras obras de infraestructura.

Las obras planeadas se pusieron en marcha y hacia finales de la década de los años cincuenta se había realizado un avance considerable. No obstante, para el período no era la misma que la delineada en el Plan general de 1954. A finales de la década, en 1959, se presentó el proyecto para construir un nuevo sistema de drenaje, en el contexto planteado por las obras ya realizadas.

Un factor determinante para desarrollar el nuevo sistema de drenaje fue la implementación de novedosas innovaciones tecnológicas para la excavación de túneles a gran profundidad, mediante escudos. Estos instrumentos tecnológicos permitieron la perforación de conductos a un nivel en el subsuelo lo suficientemente profundo como para librar las afectaciones por el hundimiento.

Otro factor determinante en la decisión para el nuevo sistema fue la posibilidad de un aprovechamiento productivo del agua residual de la ciudad, a través de su empleo en el sistema de irrigación del distrito tres de riego, ubicado en el denominado Valle del Mezquital o valle de Tula, en el suroeste del estado de Hidalgo, al norte de la Cuenca del Valle de México.

5.5 Los principales antecedentes del debate científico

5.5.1 Crecimientos urbano y demográfico

Para comprender mejor el debate en torno de los problemas hidrológicos del Valle de México y la capital del país a mediados del siglo XX, es necesario que se aborden dos temas más generales: el crecimiento poblacional y la expansión urbana.

Roberto Servín, Carlos Daza, Alfonso Castelló, Ricardo López Guerrero y Gabriel M. Oropeza, a nombre de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, presentaron un informe en julio de 1930 con respecto a diversos estudios presentados

al Departamento del Distrito Federal, sobre el problema del abasto de agua para la ciudad, así como su desalojo. A continuación se transcribe parte de ese informe por considerarlo relevante para nuestro estudio:

El funcionamiento del túnel de Tequisquiac, hasta el presente, no ha ofrecido dificultades serias, ¿podrá seguir de igual manera en el futuro? Nadie podría asegurarlo. El estado que guarda el túnel no se puede conocer fácilmente, pues peligra la vida del que se arriesgue a hacer una inspección, por falta absoluta de medios seguros para verificarla, dado que no se puede interrumpir su funcionamiento.

El crecimiento de la ciudad y sus colonias que ha ido aumentando año por año, ha dado como resultado inmediato mayor contingente de aguas negras, debido, principalmente a que en las colonias los habitantes se surten de agua potable por medio de pozos artesianos; y como consecuencia de esto es de esperarse que en un futuro no muy lejano, las obras de desagüe no podrán dar salida al total de aguas negras y mucho menos si a estas se agregan las aguas de lluvia.

Por los motivos expuestos debió haberse previsto el caso, construyendo las referidas obras para una capacidad doble de la que ahora tienen; pero esto sólo no habría bastado, pues el peligro de un accidente no podría remediarse luego, aun teniendo la capacidad indicada, sino que habría necesidad de tener duplicado, cuando menos el túnel para seguridad del funcionamiento del sistema de desagüe.

Al proponer nosotros que se aumenten considerablemente con aguas que procedan de otro valle, el de Lerma, no se nos ha escapado la urgente necesidad de darles también salida; pues de otro modo la Ciudad retrocedería a los tiempos en que estaba en peligro de inundarse de un modo permanente.

Así, aunque los motivos por los cuales está funcionando esta Comisión sean distintos de las Obras del Desagüe del Valle, no podemos menos de señalarlos, ya que están íntimamente ligados con aquellos, que el estudio de sus problemas deben ser emprendidos por las mismas personas, para que sean resueltos en forma completamente armónica. (Servín, 1930)

Desde la década de los años treinta se inició la expansión urbana, como un fenómeno complejo. Por una parte, se profundizó el carácter central de la capital con respecto a otros núcleos urbanos cercanos y, por otro lado, la expansión territorial de la vivienda de carácter popular comenzó a ser un factor relevante entre los fenómenos de expansión urbana. Junto al crecimiento territorial de la vivienda, -impulsada por la migración desde el ámbito rural a la ciudad-, las tendencias de crecimiento demográfico entraron también en una etapa de franco incremento.

Al respecto Negrete Salas (1994) señala que el proceso de metropolización fue alentado por la comercialización de lotes en la zonas periféricas y el proceso de industrialización, que actuaron como imanes para la población. También advierte que el

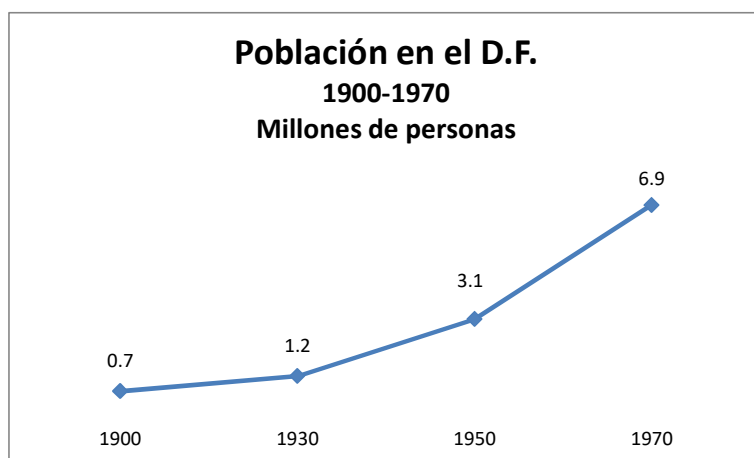
descenso en las tasas de mortalidad a partir de la década de los años cuarenta fue un factor significativo en el proceso. La siguiente cita sintetiza el proceso al que hacemos referencia:

Hacia la mitad del siglo dio inicio un proceso que, por sus implicaciones, ha sido de gran trascendencia para el desarrollo de la metrópoli: la mancha urbana de la ciudad sobrepasó los límites del Distrito Federal y creció sobre el territorio del Estado de México, iniciándose el proceso de metropolización (Negrete Salas, 1994).

La expansión urbana fue motivada, fundamentalmente, por el desarrollo de vías de comunicación y la expansión habitacional e industrial. A su vez, grandes obras de infraestructura se concretaron en la década, como el inicio de la operación del sistema Lerma para el abasto de agua potable de la urbe, o la Ciudad Universitaria para alojar a la Universidad Nacional al sur de la capital.

El crecimiento poblacional tuvo un motor principal: la migración desde diversos puntos del interior del país. La ciudad era el principal polo de atracción para la gente en busca de mejores condiciones de vida. De 1930 a 1950 la población del Distrito Federal tuvo un incremento de 158.33%. Por su parte, la expansión territorial tuvo un aumento de 300% entre los años de 1940 y 1960. En la década comprendida entre los años 1950 y 1960 se mantuvo tanto el crecimiento urbano como el crecimiento poblacional en la capital. En 1950 la población del Distrito Federal era de 3'050,442 habitantes, mientras que en 1960 alcanzó la cantidad de 4'870,848 personas, es decir un incremento de 59.67%. El desbordado crecimiento demográfico, registrado desde principios de siglo hasta 1970, puede ser apreciado en la siguiente gráfica (ver ilustración 30):

Ilustración 30. Población en el DF



Fuente: INEGI, Censo de población, 2010.

A mediados del siglo la vida en la capital del país cambió de modo notable. Junto a su expansión, la ciudad dio un salto hacia su modernización. El país se beneficiaba de la estabilidad macroeconómica y el crecimiento de la producción.

La expansión urbana fue un fenómeno constante a lo largo de todo el siglo XX. Para comprender el tema en el período analizado se elaboraron los siguientes mapas. Podemos apreciar claramente como, entre 1910 y 1960, la zona urbana incrementa su tamaño 10 veces. En 1940 la ciudad ocupaba un territorio de aproximadamente 90 kilómetros cuadrados, mientras que en 1960 eran ya casi 364 kilómetros cuadrados (ver ilustración 31):

Ilustración 31. Crecimiento espacial de la ciudad

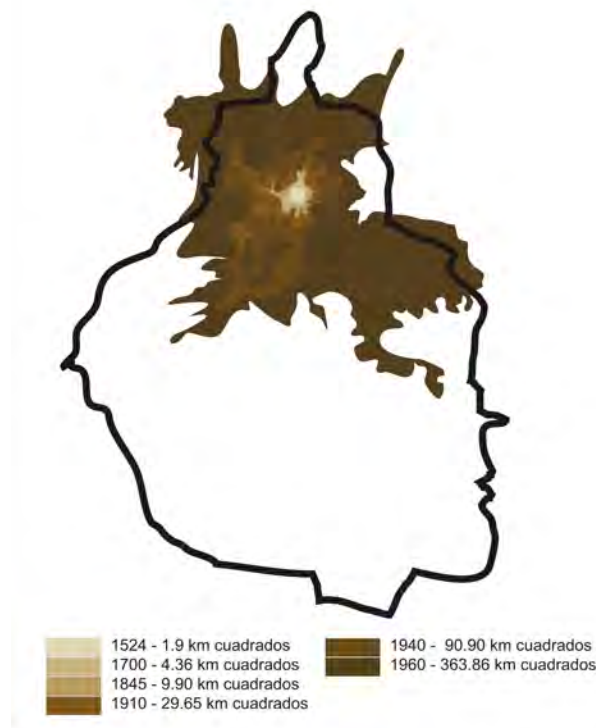
Crecimiento espacial aproximado de la ciudad de México



Crecimiento espacial aproximado de la ciudad de México



Crecimiento espacial aproximado de la ciudad de México



Fuente: elaboración a partir de Gutiérrez McGregor, María Teresa; Jorge González Sánchez y Enrique Cervantes; (1990) "Crecimiento espacial de las principales ciudades: Distrito Federal", Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

La expansión urbana y el crecimiento demográfico deben ser considerados como factores críticos para comprender la problemática de la gestión del agua en la Ciudad de México. A lo largo del siglo XX la demanda de recurso hídrico se acrecentaba de manera cotidiana, así como la presión sobre la infraestructura para el desalojo de las aguas residuales. Desde la segunda mitad del siglo XIX dio inicio la explotación de los recursos hídricos del subsuelo y en los primeros años del siglo XX esto se confirmó como un rasgo dominante para el abasto hídrico para la capital del país. Javier Delgadillo aporta los siguientes datos:

En 1891 había unos 1,100 pozos artesianos, lo cual mermó el caudal de los manantiales de Chapultepec y obligó a construir una estación de bombeo movida por vapor para elevar el agua, pues ya no era posible conducirla por gravedad debido a que el nivel natural había descendido. De cualquier manera, dos años antes se había recurrido al aprovechamiento de las aguas de los manantiales de Xochimilco; estas obras se concluyeron en 1913 y así se dio inicio a lo que podríamos llamar primeras manifestaciones de desperdicio irracional, ya que el consumo de agua per cápita aumentó sorprendentemente de 160 litros por día que se registraba en 1912, a 210 de 1913 (Delgadillo, 1993: 74).

Durante el gobierno del presidente Miguel Alemán, en la segunda mitad de la década de los años cuarenta, se inició la construcción de un acueducto que condujo agua a la capital desde una cuenca externa, la del río Lerma. Ya se pensaba que la explotación de los pozos artesianos estaba asociada al fenómeno del hundimiento de la ciudad y por otro lado, la tendencia de crecimiento demográfico constituía una alerta para lograr el incremento del caudal de abasto. La medida, que se concretaría a partir de 1952 con la inauguración del acueducto, dio un carácter de mayor complejidad a la gestión hídrica en la ciudad. Con el sistema Lerma se configuró un esquema de importación del agua en un nivel regional, lo que tendría, a la larga, consecuencias en lo ambiental, social y político (ver ilustración 32).

Ilustración 32. Obras del sistema Lerma, 13 de marzo de 1953.



Fuente: Museo Archivo de la Fotografía, Secretaría de Cultura, Gobierno del Distrito Federal. Inventario

79

Javier Delgadillo señala:

Con aquél se dio inicio a un proceso de degradación sistemático de las subcuencas que antes eran las beneficiarias naturales del caudal del río Lerma; ejemplos de esta problemática fueron la desaparición de las lagunas de la zona del alto Lerma y del abatimiento de los niveles de agua en la cuenca de la laguna de Chapala, así como el rompimiento del equilibrio ecológico en áreas que hoy tienden a convertirse en desiertos. [...]

Este proyecto aumentó considerablemente el nivel de abastecimiento de la ciudad, haciéndolo pasar de 3.5 m³/seg. en 1953 a 4.0 m³/seg., lo cual permitió elevar el promedio de consumo por persona a 372 litros.

A partir de esta fecha, la “importación” de agua de cuencas externas a la de México cobra más importancia como fuente de abastecimiento para la ciudad, aunque la perforación de pozos en distintas zonas aún continúa, lo que contradice las afirmaciones

anteriores de que dentro del conjunto de valles internos ya no existían fuentes importantes. (Delgadillo, 1993: 75)

La ciudad en crecimiento extendió su radio de influencia extraterritorialmente. Esa influencia, lejos de ser sólo socioeconómica, tenía sobre todo un carácter ambiental. A la transformación de las características naturales de la Cuenca del Valle de México, se sumaría con el tiempo la transformación de las cuencas aledañas, supeditando el uso de sus recursos a la lógica de expansión territorial de la capital.

Este proceso de alteración ecológica territorial comenzó desde fecha muy temprana con el poblamiento de la cuenca en el período prehispánico, pero sobre todo se hizo dramático a partir del establecimiento de la capital novohispana. Las medidas tomadas para desaguar parcialmente la cuenca, como un paliativo frente a las recurrentes inundaciones, la desecación total de la región lacustre entre el siglo XIX y el XX, la instrumentación del desagüe de la ciudad a través del Gran Canal a partir de 1900, así como la importación de agua de fuentes cada vez más lejanas como Xochimilco primero, y Lerma después, son expresiones de un proceso en el que se supeditó, históricamente, el entorno natural a la expansión urbana.

De modo paralelo a la expansión urbana, y como consecuencia de las inundaciones que afectaron a la ciudad a principios de la década de 1950, se realizaron obras de infraestructura hidráulica relevantes. Algunas de estas fueron, como lo señala Espinosa López (1991) las presas en las barrancas de los ríos Becerra y Tacubaya, el entubamiento de los ríos Mixcoac, Magdalena y Consulado, la construcción de vasos, tanques y colectores de regulación, el interceptor desarrollado al poniente del Distrito Federal y el denominado número 15, ambos con una longitud de casi 17 kilómetros.

Estas obras constituyeron un referente de la gestación de nuevas políticas hidráulicas, que deben ser entendidas en el marco de un proceso acelerado de crecimiento demográfico y expansión territorial.

Tanto el incremento demográfico como la expansión del territorio urbano constituyeron factores relevantes en términos de los fenómenos urbanos que contextualizan el análisis de los temas hidráulicos de la Cuenca del Valle de México a lo largo del siglo XX.

La expansión urbana se generó por diferentes fuerzas. El desarrollo de vías de comunicación fue uno de los mecanismos que incentivaron el proceso, sobre todo a partir de la década de los años cuarenta. Ahora bien, entre los años treinta y cincuenta, la urbanización respondió a políticas para el uso del suelo que gradualmente favorecían el uso residencial en algunas zonas y el uso industrial en otras.

Por su parte, el crecimiento demográfico tuvo dos incentivos. Por un lado los nuevos nacimientos y por otro, el aumento gradual de la esperanza de vida de la población adulta. Antes señalamos el factor de la migración de las zonas rurales a las principales ciudades del país. Este último fenómeno se presentó como un aspecto recurrente a lo largo del siglo XX, pero tuvo un primer período de auge en las décadas de los años cuarenta y cincuenta para el caso de la Ciudad de México.

Una población en crecimiento demandaba el aumento del volumen para el abasto de agua. Desde la década de los años treinta se perfiló la idea de traer agua desde cuencas externas, en particular desde la cuenca del río Lerma. La urbanización, fenómeno que se acentuaba, reclamaba el desarrollo de infraestructura para el abasto y el drenaje del agua a una escala mayor. En la medida en que el incremento demográfico y la expansión territorial urbana respondían a fenómenos no planificados, las dificultades para atender las necesidades de la población se hacían más complejas.

Abasto de agua, sobre-explotación del acuífero, hundimiento del suelo y pérdida de eficiencia del sistema de drenaje, constituían problemáticas interrelacionadas, que motivaban la reflexión de los especialistas en el sentido de pensar el tema de gestión hidráulica de la cuenca como una problemática que tenía que ser abordada de manera integral.

5.5.2 Roberto Gayol: el planteamiento del drenaje de la ciudad y su idea sobre el hundimiento del suelo

Para comenzar el análisis de la problemática de las ideas sobre el hundimiento del suelo hay que remontarse algunos años, como parte de la revisión de los antecedentes, al problema del drenaje de la Ciudad de México.

En el capítulo anterior se señaló que el desarrollo del proyecto del drenaje de la ciudad constituyó un planteamiento relevante y necesario para comprender las ideas instrumentadas en el proyecto del Gran Canal.

La persona responsable del desarrollo y construcción del proyecto del drenaje de la ciudad fue el ingeniero Roberto Gayol. En el texto *Proyecto de desagüe y saneamiento para la Ciudad de México*, publicado en 1892, Gayol dio cuenta de la investigación que lo llevó a definir las características principales del proyecto de drenaje.

El ingeniero advirtió la importancia de emplear productivamente en la agricultura los desechos orgánicos conducidos por el drenaje de la ciudad, cosa inviable de realizar en los terrenos ocupados por el lago de Texcoco en tanto que su alcalinidad impedía su rápida descomposición (Gayol, 1892, reimpresión 2014: 28).

También se pronunció por implementar un sistema único de drenaje frente a la alternativa de separar las aguas pluviales de las aguas residuales, fundamentando su opinión en la necesidad de establecer las mejores condiciones sanitarias y económicas para la construcción y gestión del desagüe (Gayol, 1892: 87-88). En el proyecto estructuró la conducción del agua mediante una red de colectores secundarios conectados a colectores centrales ubicados por territorio a desaguar. Calculó las pendientes necesarias para que la conducción de las aguas se produjera por gravedad, aunque ya previamente había ejecutado un proyecto de instalación de bombas instaladas en la desembocadura en San Lázaro hacia el lago de Texcoco con la finalidad de alcanzar el gasto necesario para evitar el retorno del agua, en virtud de que la diferencia en el nivel del suelo de la ciudad y el fondo del lago de Texcoco era de escasos 2 metros (Gayol, 1892: 137).

Gayol fue muy enfático en señalar que el nuevo sistema de atarjeas alcanzaría sus mejores condiciones de operación cuando el sistema del Gran Canal estuviera en operación, pues el primero estaba proyectado en función del segundo y juntos tenían el objetivo apoyar el desagüe del valle. El ingeniero lo argumentó del modo siguiente:

[...] el objeto esencial de los grandes sacrificios que la Ciudad se impone para ejecutar las Obras del Desagüe General del Valle y la construcción de las nuevas atarjeas, es mejorar sus condiciones higiénicas, destruyendo los numerosos focos de infección que en la actualidad existen; no será, pues, racional ninguna obra que por las malas condiciones de su establecimiento, constituya en lo futuro un foco de infección que hoy no existe, sino que se creará con las mismas obras con que se pretende perfeccionar el sistema de desagüe y saneamiento.

El conjunto de condiciones que se imponen a la solución que se da al problema, por todas las circunstancias que acabamos de considerar, es decir, que las Obras del Desagüe sean adaptables a los gastos muy diversos a que estarán sujetas por ser necesario dar una gran capacidad de descarga a las nuevas atarjeas, son las que nos sugieren la idea de establecer unas bombas capaces de arrojar al Lago de Texcoco el excedente de agua pluvial que no quepa en el Canal, para depositarla allí y darle después salida poco a poco, mezclada con el agua que cae en el resto del país (Gayol, 1892: 142).

Con el enfoque descrito, el ingeniero Gayol condujo la ejecución de la obra y su puesta en operación. Años después, en la década de los años de 1920, Gayol se vio involucrado en una polémica con respecto al funcionamiento del drenaje de la ciudad. Aunque ya no se encontraba activo en el servicio público fue invitado por la Cámara Nacional de Comercio a participar en la Junta Privada de Mejoras Materiales, en la que también intervenían funcionarios públicos. En el marco de los trabajos desarrollados por esa junta, en 1924, se detectó un desperfecto en el funcionamiento del sistema de drenaje.

El Departamento de Obras Públicas de la capital señaló que el desperfecto se debía al hundimiento de la conexión del sistema de drenaje de la ciudad con el sistema del Gran Canal, ubicado en San Lázaro. El Departamento de Obras Públicas señalaba que el hundimiento de la conexión con respecto al fondo del canal era de 90 cm. Gayol, por su parte, sostenía que el canal se encontraba azolvado en la cercanía de la conexión debido a un largo periodo sin recibir un mantenimiento adecuado.

El ingeniero expuso la polémica en la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México durante el año de 1925. Desarrolló un análisis de los datos presentados por sus oponentes y los propios. Reconoció que había un hundimiento de la conexión, pero no de la magnitud de 90 cm., sino de 43 cm.

En las siguientes imágenes podemos apreciar fotografías presentadas por Gayol en su estudio sobre las obras dirigidas por él en el punto de la conexión del drenaje con el canal de desagüe, que formaba parte del Gran Canal (ver ilustración 33).

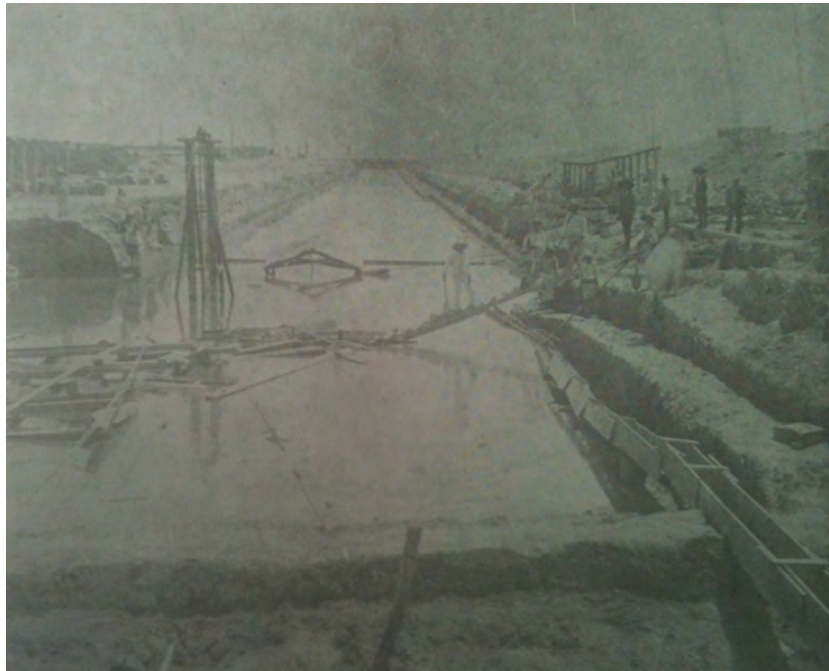
Ilustración 33. Obras de conexión del Gran Canal

Obras de conexión del Gran Canal con el drenaje de la ciudad (a)



Fuente: Gayol, Roberto. (1925.)

Obras de conexión del Gran Canal con el drenaje de la ciudad (b)



Fuente: Gayol, Roberto. (1925.)

Gayol orientó la parte más sustancial de sus argumentos a mostrar que el sistema que diseñó no se había colapsado en el punto de la conexión, sino que el azolvamiento del Gran Canal era real y su atención una urgente necesidad. Hay que destacar que el ingeniero advirtió que el sistema de drenaje estaba siendo afectado por un fenómeno distinto y lo señaló en los siguientes términos:

Los datos aquí consignados bastarán para convencer a los señores Ingenieros Oficiales de que su afirmación de que se han hundido las compuertas abajo del fondo del Gran Canal, dista mucho de ser una verdad indiscutible; es por el contrario, un asunto digno de estudio, porque no cabe duda que se ha producido alguna perturbación importantísima en las alturas relativas de los terrenos que constituyen la parte profunda del Valle de México y la determinación de todas las características de dicha perturbación, es decir, su magnitud, los lugares en donde se verifica su intensidad o más bien, el tiempo que tarda en producir cambios apreciables y sobre todo, su continuidad, un elemento que interesa mucho conocer, para deducir valiéndose ya de datos reducidos a números concretos, que cosa es la que conviene hacer, si la observación de los hechos demuestra que es urgente tomar alguna providencia para contrarrestar los efectos de la depresión o descenso general del fondo del Valle de México, pues a mi entender, en

esto consiste la perturbación a que me vengo refiriendo y para opinar así, me fundo en que sin duda, y por las razones que oportunamente dejé consignadas, los bancos de nivelación que hace años se colocaron en lugares que se consideraron perfectamente fijos en las formaciones de roca, fueron los puntos finales que tuvieron como punto de partida los bancos de nivelación de la ciudad, y es indudable que entonces las diferencias de sus acotaciones medían exactamente sus diferencias de nivel y si ahora resulta que estas diferencias han aumentado, no puede ser por otra causa sino por la de que los bancos de la ciudad han descendido a consecuencia de la desecación del terreno, motivada por las obras del desagüe del Valle. (Gayol, 1925: 125)

Gayol pensaba que el hundimiento se debía a la desecación del subsuelo. Años atrás, en la etapa de la formulación del proyecto de drenaje de la ciudad se estableció una polémica y una Comisión de Obras Públicas e Higiene, de la que eran integrantes Luis Espinosa y Eduardo Licéga, recomendó el drenaje del subsuelo como parte de las funciones urgentes de saneamiento que el sistema de drenaje de la ciudad tendría que atender en virtud de que se estimaba que la materia orgánica acumulada en el mismo constituía un foco infeccioso y que la ocasión de establecer un sistema de drenaje daba oportunidad de remediar. (Ayuntamiento de la Ciudad de México, 1897, reimpresión 2014).

5.5.3 El hundimiento del suelo de la ciudad

El hundimiento de la Ciudad de México es un fenómeno que se comenzó a detectar a principios del siglo XX y que se hizo evidente durante la segunda década del mismo.

El fenómeno del hundimiento tiene algunas características destacables. Es un proceso de hundimiento diferenciado; es decir, el suelo de la ciudad no se hunde de manera uniforme en sus diferentes zonas, sino que algunas regiones se hunden más que otras. La zona más afectada es la del lecho del lago de México, ubicada en el centro de la capital, pero también otras zonas, -que también corresponden con la región lacustre-, se vieron crecientemente afectadas a lo largo del siglo XX. El ritmo de hundimiento se fue acelerando, gradualmente, a lo largo de la primera mitad del siglo. Sobre todo, a partir de la década de los años cuarenta llegó a una magnitud muy preocupante para los expertos.

De acuerdo con un reportaje divulgado por el diario El Universal en mayo de 1952, con base en un estudio de la empresa Ingenieros Civiles Asociados (ICA), el hundimiento de la ciudad había registrado un ritmo de 5 cm por año a principios de siglo, y posteriormente 50 cm a comienzos de la década de los años cincuenta, como lo podemos apreciar con más detalle en la tabla siguiente:

Tabla 9. Registro del hundimiento de la ciudad en la primera mitad del siglo XX.

Año	Hundimiento en centímetros por año
1898-1937	5
1938	6
1939	7
1940	8
1941	10
1942	12
1943	13
1944	14
1945	16
1946	17
1947	18
1948	20
1949	30
1950	40
1951	50
1952	50
1953	50

Fuente: (29 de mayo de 1952) Diario El Universal. Archivo Histórico del Agua, CNA-CIESAS, Fondo Consultivo Técnico, Caja 192, exp. 1566.

Las consecuencias del hundimiento eran múltiples. Por una parte, afectaba estructuralmente a los edificios de la ciudad. Aquellas edificaciones construidas sobre una cimentación de pilotes tendían a “emerger” con respecto al nivel del suelo, mientras que las construcciones contiguas resentían el impacto de esos esfuerzos. El

hundimiento ponía en riesgo la edificación de las construcciones, sobre todo en el centro de la ciudad.

Otro efecto, de gran trascendencia, era la pérdida de pendiente en el sistema de drenaje de la ciudad, conectado con el Sistema del Gran Canal. Conforme el hundimiento se fue incrementando, el drenaje diseñado para funcionar por gravedad, fue afectado al grado de requerir la instrumentación de un sistema de bombeo para lograr la evacuación de las aguas residuales de la ciudad. En consecuencia, el hundimiento de la región provocaba una situación de vulnerabilidad frente a la posibilidad de inundaciones en el período de lluvias.

La comprensión del fenómeno había captado la atención de diferentes especialistas, quienes, a principios de la década de los años cincuenta, ya habían desarrollado una teoría satisfactoria para explicar el suceso.

Los ingenieros Raúl J. Marsal e Ignacio Sáinz Ortiz señalaron en una ponencia presentada en el XX Congreso Geológico Internacional de 1956, que entre 1891 y 1952 el hundimiento de la Plaza de la Constitución era de 4.56 metros,. (Marsal y Ortiz; 1956). El primero se desempeñaba como investigador del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional, mientras que el segundo era Jefe de la oficina de Mecánica de suelos de la Comisión Hidrológica del Valle de México. Para el período 1938-1948 esos autores calcularon una velocidad de hundimiento de 15 cm. por año, mientras que de 1948 a 1956 el ritmo de hundimiento llegó a registrar un promedio de 30 cm. por año en la parte central de la ciudad, y en algunas zonas hasta de 50 cm. por año.

En la tarea de investigación jugó un papel importante el ingeniero Nabor Carrillo, destacado científico, que a partir de 1953 y hasta 1961 fue Rector de la Universidad Nacional. Durante la década de los años cuarenta, Carrillo dedicó parte de sus esfuerzos a la comprensión del fenómeno del hundimiento de la ciudad.

El análisis del fenómeno del hundimiento requería de instrumentos científicos que durante las primeras décadas del siglo XX se encontraban en proceso de desarrollo. El ingeniero José A. Cuevas se contaba entre los iniciadores del estudio de la mecánica de suelos en el país. Cuevas (1938) advertía que dos eran los principales factores para explicar el acelerado proceso de consolidación del suelo en la ciudad de

México: el desagüe general del subsuelo a partir del año 1900 y la extracción del agua subterránea para el aprovisionamiento para la creciente población. Por esos motivos propuso de manera tajante que el aprovisionamiento del agua potable para la ciudad tendría que realizarse importando el líquido de cuencas externas.

Cuevas tuvo una destacada participación en la construcción de diversas edificaciones en las décadas de los años treinta y cuarenta. En particular, en el caso del edificio de la Lotería Nacional, desarrolló un sistema de cimentación adecuada para las condiciones de hundimiento (ver ilustración 34). Precisamente, el sitio en el que se encuentra el mencionado edificio era uno de los lugares de mayor hundimiento en la primera mitad del siglo XX. El ingeniero Cuevas motivó a Nabor Carrillo a dedicar sus esfuerzos de investigación para abordar el problema del hundimiento desde la perspectiva de la mecánica de suelos.

Ilustración 34 Obras de construcción del edificio de la Lotería Nacional, a cargo de J.A. Cuevas. En la zona se registraban los mayores niveles de hundimiento.



Fuente: Museo Archivo de la Fotografía, Secretaría de Cultura, Gobierno del Distrito Federal. Inventario 2495

El ingeniero Nabor Carrillo desarrolló una teoría científica para explicar el hundimiento de la ciudad. Su trabajo de investigación se desarrolló durante la década de los años cuarenta y, hacia finales de la misma, había llegado a una explicación satisfactoria del fenómeno, fundamentada matemáticamente.

Carrillo desarrolló su trabajo de investigación encabezando un equipo de especialistas bajo el auspicio de la Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica. En este equipo se encontraban ingenieros como Fernando Hiriart, Raúl J. Marsal y Raúl Sandoval.

La explicación de Carrillo estableció que la pérdida diferenciada de presión en los suelos arcillosos se debía a la explotación del acuífero, por lo que se hacía necesario detener la explotación a través de pozos y fomentar la recarga de los cuerpos de agua subterráneos.

La explicación científica del fenómeno del hundimiento y su relación con la explotación de los recursos hídricos de la cuenca abrió la puerta a una reflexión más profunda sobre la relación de la explotación del agua en la cuenca y su disponibilidad. En términos de política pública, el análisis y explicación de las causas del hundimiento condujeron al establecimiento de restricciones para la perforación de nuevos pozos de extracción de agua del acuífero en la ciudad.

Si bien el problema del hundimiento era un asunto de enorme gravedad, su estudio llevó al análisis de una problemática aún más compleja. Las causas del hundimiento, cifradas en el volumen creciente de extracción de agua del subsuelo, revelaban la situación de déficit de los recursos hídricos subterráneos, advirtiendo la posibilidad de una afectación mayor sobre las características naturales de la hidrología de la cuenca. La perspectiva del incremento de la demanda de agua era una tendencia ineludible, en una ciudad que para mediados de siglo vivía un acelerado proceso de expansión urbana y demográfica.

5.6 Nabor Carrillo y el conocimiento científico de los problemas del suelo urbano

El fenómeno del hundimiento del centro de la ciudad, al que ya nos referimos, era sumamente notable para principios de la década de los años cincuenta y su explicación había atraído la atención de destacados investigadores.

Carrillo fue un acucioso investigador de la temática, así como un académico preocupado por los problemas hidráulicos de la ciudad (ver nota biográfica en la Tabla 10). En la década que va de 1940 a 1950, Carrillo dirigió a un grupo de ingenieros en el estudio y comprensión de la problemática del hundimiento, como antes comentamos. El ingeniero Raúl J. Marsal, quien formó parte de este grupo, señaló lo siguiente:

La zona que más se ha hundido es la esquina de Reforma y Bucareli, con 8.50 m en los últimos 83 años; llama la atención que el Zócalo acusa solo un descenso de 6 m, no obstante ser la parte antigua de la urbe; los hundimientos decrecen apreciablemente hacia el poniente y resultan de 3m a lo largo de Melchor Ocampo.”

[...]

Se sabe que por deficiencias en la red de distribución construida a principios de siglo, los propietarios de residencias perforaban pozos para su propio abastecimiento; el número y el caudal de agua que extraían son desconocidos. Desde 1930 se intensificó esta explotación, al poner el DDF en servicio pozos municipales para suplir el déficit de la demanda de agua, a medida que aumentaba el número de habitantes en la Ciudad.

[...] es notorio el incremento en 1948, que se requirió para suplir los retrasos en la construcción del Acueducto de Lerma. La veda impuesta en 1953, al demostrarse que el bombeo es la causa principal del hundimiento, frena la explotación de los acuíferos dentro del área urbana, [...] (Marsal, 1956: 16, 37 y 49)

El hundimiento fue un fenómeno al que se le dio un seguimiento a lo largo de la primera mitad del siglo XX. No obstante, no se tuvo una explicación satisfactoria sino hasta finales de la década, debido a que en el país no se habían desarrollado los instrumentos teóricos que permitieran una comprensión cabal del fenómeno.

En una amplia entrevista realizada por el reportero Carlos Roman Celis, publicada en 1948 en la revista Mañana, Nabor Carrillo expresó una serie de opiniones sobre el problema del hundimiento en la ciudad a partir de la investigación que había realizado. Señaló que el suelo de la cuenca cerrada se caracteriza por estar constituido por suelos no consolidados, lo que había provocado un hundimiento de aproximadamente 4 metros promedio a lo largo del siglo XX. También advierte dos tipos de hundimiento: la deformación local y el hundimiento general. El hundimiento se aceleraba con la extracción de agua a través de los pozos artesianos. Carrillo estudió con detenimiento el tema, en relación a una solicitud de la Secretaría de Bienes Nacionales en 1947 (Romero Celis, 1948).

En aquel año, bajo el auspicio de la Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica, Nabor Carrillo divulgó su tesis para explicar el fenómeno. Con el apoyo de la medición y el instrumental teórico de la mecánica de suelos, el trabajo de Carrillo y su equipo devino en un modelo matemático para explicar el hundimiento como resultado de la pérdida de presión de las arcillas en el suelo de la ciudad, a causa de la explotación excesiva del manto freático. Su planteamiento, como en el caso de Gayol, también fue presentado ante la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México.

La continua extracción del agua subterránea se traducía en hundimientos del suelo del centro de la ciudad en diversas zonas con diferentes ritmos, cuyas consecuencias eran perniciosas en un doble sentido: afectaban tanto a la infraestructura urbana como a la obra arquitectónica, y restaban eficiencia al sistema de drenaje que evacuaba las aguas pluviales y residuales a través del Gran Canal.

Hiriart y Marsal nos dan una breve explicación del planteamiento de Carrillo:

Carrillo establece que la pérdida de presión en los acuíferos ocasionado por el bombeo, provoca cambios en el estado de esfuerzos efectivos, apoyándose en uno de los conceptos fundamentales enunciado por K. Terzaghi en 1925: la relación que existe entre esfuerzos totales y efectivos. Con base en la teoría de consolidación, Carrillo expone la solución matemática del fenómeno, aplica los datos experimentales disponibles en 1946 y justifica los hundimientos parciales observados por la Dirección de Geografía en varios puntos de la Ciudad (Hiriart, Fernando y Raúl Marsal, 1969: 109).

Carrillo advirtió en el fenómeno del hundimiento la confluencia de una doble circunstancia. Por una parte, el fenómeno hidrológico en el subsuelo a nivel local, y por otro lado, el aspecto de la mecánica de suelos en la cuenca. Las consecuencias más graves de este fenómeno eran el desequilibrio hidrológico de la cuenca y la inestabilidad de las construcciones en la ciudad. La comprensión del problema llevó a Nabor Carrillo a realizar propuestas de solución. En una entrevista, realizada en septiembre de 1951, indicó que con un millón de pesos destinados a la construcción de pozos de absorción en las zonas donde había hundimientos se podría resolver los problemas del agua en la ciudad. Estos pozos infiltrarían el agua a una profundidad de 50 a 70 metros. La entrevista presentó un esquema de la estructura de los pozos propuestos y Carrillo cuestionó un proyecto del gobierno para la construcción de un

gran colector que atravesaría la ciudad desde San Ángel hasta la Villa con un costo de 499 millones de pesos (Últimas Noticias, 11 de sep. 1951: 3).

En marzo de 1952, Carrillo publicó, en la revista Estudios, un artículo de divulgación que dio cuenta de sus hallazgos y sobre todo puso el acento en señalar los aspectos que no habían sido investigados hasta entonces. A continuación, se expone una síntesis de aquellos aspectos detectados por Carrillo y que requerían investigación:

- No se conocía el régimen de circulación aguas subterráneas.
- Se ignoraba la configuración de la roca basal que constituía el fondo de la cuenca.
- Se desconocían las subcuencas, fallas y juntas subterráneas.
- Se ignoraban los mecanismos reales que producen grietas en el suelo.
- Se ignoraban la capacidad de carga de la ciudad y de las capas que soportan pilotes.
- No se habían estudiado la contribución de Texcoco a la formación de tolveneras, la posibilidad de absorción de lluvia y aguas negras, así como la vibración del suelo con los temblores.
- Faltaba planeación integral e investigación científica profunda.
- Faltaba un organismo competente como la Comisión Hidrológica del Valle de México.

El examen del Dr. Carrillo fue exhaustivo no solo en el sentido del diagnóstico científico, sino de la advertencia de los temas pendientes de investigación y de las necesidades de gestión del agua en la cuenca (Carrillo, 1952).

Para dar respuesta a la compleja problemática se pusieron en marcha diferentes acciones por parte de las autoridades gubernamentales. Por una parte, ya desde la década de los años treinta se inició la construcción de colectores subterráneos de grandes dimensiones para apoyar el drenaje de las aguas pluviales en el período anual de lluvias intensas. Carrillo tenía una perspectiva crítica de esta medida como un mecanismo de solución efectiva, como lo expresó en la entrevista de 1951. Por otro lado, desde la década de los años cuarenta se inició la construcción del acueducto que conduciría el agua desde la cuenca del río Lerma, al sur de la Cuenca del Valle de

México. A partir de los primeros años de la década de los cincuenta se puso en marcha una veda para la perforación de pozos.

La investigación encabezada por Nabor Carrillo puso de manifiesto la conexión del problema del hundimiento con otras problemáticas, que acusaban la existencia de un fenómeno mayor en términos del funcionamiento hidrológico de la cuenca.

Tabla 10. Nota biográfica de Nabor Carrillo

La Enciclopedia de México comenta lo siguiente con respecto a Nabor Carrillo:

Nació y murió en la ciudad de México (1911-1967). Ingeniero civil (1939) por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y maestro (1941) y doctor en ciencias (1942) por la Universidad de Harvard, fue discípulo de Sotero Prieto, en México, y en Estados Unidos de Karl Terzaghi, Arthur Casagrande y Harold Westergaard. Aún siendo estudiante, desarrolló un trabajo sobre el *anillo de masa* (que coincide con el que actualmente se usa en el cálculo de las órbitas de los satélites artificiales) para explicar el campo gravitacional terrestre. En Harvard hizo investigaciones sobre consolidación tridimensional y soluciones elastoplásticas. Enseñó matemáticas en las facultades de Ciencias e Ingeniería; fue ingeniero de la Comisión Nacional de Irrigación (1936-1947), jefe de Departamento de Investigación Científica (1944) y coordinador de Investigaciones Científicas (1945-1952) de la UNAM; representó a México en las pruebas atómicas de Bikini y en el Organismo Nuclear de la ONU (1946); jefaturó la Sección de Física de suelos de la Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica (1943-1951); y como ingeniero consultor, determinó las causas del hundimiento de la ciudad de México y de Long Beach, California, mediante su teoría de centros de tensión. De 1953 a 1961 fue rector de la UNAM; de 1956 a 1967, vocal de la Comisión Nacional de Energía Nuclear; y de 1966 a 1967, vocal ejecutivo del Proyecto Texcoco. Obtuvo el Premio Nacional de Ciencias en 1957 y recibió 18 doctorados honorarios. (Álvarez, 1987: 1386).

Fuente: Álvarez. 1987. Enciclopedia de México.

5.7 La discusión sobre el desequilibrio hidrológico

En el Departamento del Distrito Federal se desarrolló, desde las primeras décadas del siglo, una discusión sobre los temas de la gestión hidráulica de la ciudad y el valle. Por ejemplo, en 1930, el ingeniero Octavio Dubois señaló que la extracción de agua

mediante pozos promovía el hundimiento del suelo. En un contra-estudio desarrollado por Carlos Petricioli, dirigido al Dr. Manuel Puig Casaurang, Jefe del Departamento del Distrito Federal, advirtió:

[...] el meollo de este problema no está en inyectar a las redes de la ciudad cantidades ilimitadas de agua, si no en hacerlo en la justa proporción que para los usos urbanos se requiere y si nos seguimos haciendo desentendidos de las pérdidas y solamente queremos remediar la falta de agua con inyectar más cantidad, llegará el momento en que no habrá fuentes bastantes de abastecimiento y el costo del servicio sea una carga insoportable para el erario del Departamento del Distrito.

[...]

Háganse los estudios para la posible conducción en el futuro de aguas procedentes de las lagunas de Lerma, pues cuando pueda hacerse el gasto que esa obra demanda se evitará el crecido costo de bombeo y se tendrá probablemente la energía eléctrica bastante desarrollada por esas aguas, para el alumbrado público de la ciudad (Petricioli, 1930).

El denominado desequilibrio hidrológico comenzó a ser investigado a mediados del siglo XX, como la consecuencia de una más profunda comprensión de los problemas hidráulicos de la cuenca. Como fenómeno, el desequilibrio no presentaba evidencias claras de su existencia, hasta que el análisis de la problemática del hundimiento dejó al descubierto la relación entre la explotación del acuífero y el comportamiento de los suelos sobre los que se asienta la ciudad. No obstante, ya en el siglo XIX hubo algunas referencias a la problemática, sobre todo por parte de algunos integrantes del grupo que trabajó en la generación de la Carta hidrográfica del valle y por Francisco de Garay.

En el siglo XX el desequilibrio hidrológico constituyó un tema que podía ser observado desde varias perspectivas. Por una parte, se podía referir al déficit de agua en la cuenca, provocado por causas ambientales a consecuencia del extenso período de secas y el reducido período de lluvias que caracteriza a la región. Este era el caso del desequilibrio hidrológico atribuido a causas naturales; es decir, motivado por el comportamiento regular del ciclo hidrológico de la Cuenca del Valle de México.

Por otro lado, con el concepto de desequilibrio hidrológico se hacía una referencia a la política de importar agua de cuencas externas para el abasto y al desalojo de las aguas residuales y pluviales a través del Gran Canal. En esta

perspectiva, el fenómeno era consecuencia de la actividad humana; es decir, el desequilibrio era el resultado de un proceso artificial.

En el año de 1952 el ingeniero Adolfo Orive Alba, quien fuera Secretario de Recursos Hidráulicos durante el gobierno de Miguel Alemán, señaló la ruptura del equilibrio hidrológico del Valle de México a causa de la expulsión del agua a través del desagüe.

En tercer lugar, el desequilibrio implicaba la sobre-explotación del acuífero y el déficit en términos de su recarga anual. En esta visión del problema, el desequilibrio era el resultado combinado de las actividades humanas y de las condiciones naturales de la cuenca.

Estas diferentes perspectivas fueron debatidas a lo largo de la década de los años cincuenta y sesenta del siglo XX, sobre todo por parte de los expertos sobre la hidráulica de la cuenca. En particular, la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México cobijó este debate, pero con el tiempo fue tomando fuerza en otras instancias, principalmente académicas.

Uno de los especialistas que promovió con más énfasis la comprensión del fenómeno del desequilibrio fue el ingeniero Andrés García Quintero, quien en 1950 se desempeñaba como Director General de Hidrología de la Secretaría de Recursos Hidráulicos del gobierno federal. Otros integrantes de la Comisión Hidrológica, organismo dependiente de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, fueron: Reynaldo Schega, Eduardo Molina, Gustavo P. Serrano, Lorenzo Pérez Castro y Alfredo Becerril Colín (Espinosa, 2001). En agosto de aquel año García Quintero presentó, ante la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, un estudio con el título “El desequilibrio hidrológico en el Valle de México”. En ese estudio el ingeniero estimó que entre 1920 y 1950 habían sido expulsados de la cuenca 20 mil millones de metros cúbicos de agua a través del sistema de desagüe. También documentó los cálculos sobre las relaciones hidrológicas en la cuenca, en cuanto al ciclo natural del agua. Quintero estimó un déficit de 15.5 a 22 cm. de lámina de agua en cuanto al exceso de demanda agrícola sobre las precipitaciones anuales en el valle (García, 1950).

En cuanto al desequilibrio artificial, el ingeniero Quintero estimó un faltante anual de 166 millones de metros cúbicos de agua, considerando el exceso de demanda para consumo doméstico e industrial sobre el volumen de precipitaciones en el valle y la salida de agua del mismo por Tequixquiac y Nochistongo.

En conclusión, Quintero recomendó promover la captación interna de agua en el valle mediante el desarrollo de vasos de almacenamiento.

Otro estudio, presentado en el mismo ciclo de conferencias por el ingeniero José S. Noriega, recomendaba la preservación del agua dentro del valle mediante depósitos para irrigar terrenos en Zumpango, Cuautitlán y Texcoco, entre otros.

Una cuarta visión del tema negaba la existencia del fenómeno. Esta postura se mantuvo durante las décadas siguientes, ya que las pruebas directas y contundentes del desequilibrio no existían, sino como resultado de inferencias sobre la dinámica del ciclo hidrológico, las políticas de abasto y drenaje urbanas, las dinámicas de consumo hídrico y el hundimiento de la ciudad. Estos fenómenos, actuando juntos, ponían de manifiesto una situación más grave, que se expresaba como un conjunto de señales de un desequilibrio.

Había, pues, diferentes perspectivas de lo que se denominaba desequilibrio hidrológico. Una perspectiva se centraba en los problemas para abastecer y desalojar el agua en una ciudad con una demanda en crecimiento y en la fuerte escasez prevaleciente durante largos períodos del año. Para otros, el desequilibrio radicaba en la política de expulsión del agua fuera de la cuenca.

La discusión del desequilibrio hidrológico constituye un parteaguas en términos de la reflexión de la viabilidad de la dinámica urbana y su sustentabilidad a largo plazo para la capital de la República Mexicana. Desde luego que la problemática no fue abordada literalmente como una discusión sobre la sustentabilidad de la ciudad, pero en su espíritu, el debate sobre el desequilibrio hidrológico subrayaba la necesidad de la generación de políticas públicas adecuadas a las necesidades de una urbe en crecimiento, con graves dificultades para el abasto de agua y el drenaje en una cuenca endorreica.

En torno del origen de las inundaciones existió un consenso, dada la contundencia de las explicaciones sobre el tema. En el marco de los graves riesgos que existían para la ciudad, diferentes especialistas comenzaron a señalar que el sistema hidráulico capitalino implicaba situaciones de desequilibrio.

El diagnóstico de la problemática hidráulica de la ciudad suponía un debate casi restringido a los ingenieros, quienes sostenían diferentes ideas sobre las causas del desequilibrio hidrológico. No obstante, las mayores discrepancias se encontraban en las acciones para enfrentar el fenómeno. Líneas arriba se comentó la diferencia de opinión que sostenía uno de los principales especialistas en el diagnóstico del fenómeno del hundimiento, el Dr. Carrillo, con respecto a la política de los grandes colectores subterráneos, pues en su opinión debería privilegiarse las acciones para la recarga del manto freático.

El tema es de importancia, pues en él se encuentran las raíces de las discusiones posteriores sobre la gestión del agua en la capital del país. Uno de los propósitos de este trabajo es argumentar que no hubo continuidad en la visión gubernamental generada a partir de las inundaciones de 1950 a 1952. A su vez, se identificarán aquellos factores que fueron determinantes para el cambio de orientaciones de la política, pues en los años que van de 1952 a 1966 se dieron cita por lo menos dos visiones de gestión para el agua en la Cuenca del Valle de México.

5.8 Diversas propuestas sobre la gestión hidráulica durante la década de los años cincuenta

Los argumentos científicos sobre las causas de las inundaciones, el hundimiento del suelo de la ciudad o las fallas del sistema de drenaje habían sido ya planteados a principios de la década de los cincuenta. Por su parte, las políticas y obras públicas para enfrentar el desabasto de agua y la insuficiencia del drenaje se guiaban con orientaciones en las que se daba cuenta no sólo de las razones científicas, sino también del cálculo de la gestión política de una ciudad en crecimiento y de los beneficios sociales y económicos que podrían generar las obras.

Las decisiones expresadas en las obras emprendidas fueron tomando una distancia cada vez mayor de una gestión del agua que permitiera un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos provenientes de la misma cuenca.

Desde la década de los años treinta, y sobre todo durante los años cincuenta, se le presentaron al gobierno federal diversas iniciativas para atender los problemas contingentes del hundimiento de la Ciudad de México y su drenaje. En la sección “Archivos presidenciales”, fondo “Instituciones gubernamentales”, del Archivo General de la Nación se encuentran diferentes documentos sobre este tema.

En julio de 1951 el ingeniero Víctor F. Villanueva Ramírez propuso al presidente de la República, -Miguel Alemán Valdés-, el desarrollo de un gran colector y una red de colectores, conectados a un canal a cielo abierto, para la irrigación de tierras en el estado de Hidalgo, Puebla o Morelos, con la finalidad de aprovechar las precipitaciones pluviales de la Ciudad de México y resolver el problema de su drenaje (Villanueva Ramírez, 1951).

Un año después, en junio de 1952, el ingeniero César Ponce de León propuso al gobierno federal desalojar las aguas pluviales de la ciudad a partes circundantes del Distrito Federal, mediante grandes y profundos canales/colectores o emisarios. También en el mismo mes, Fernando Díaz Lombardo sugirió al gobierno federal la separación del agua pluvial, así como el tratamiento de las aguas negras en plantas purificadoras (Ponce de León, 1952).

En julio de 1952, el ingeniero José Luis de Bribiesca presentó al presidente un proyecto titulado “Solución al problema de las inundaciones y detención del hundimiento de la Ciudad de México”. El proyecto consistía en la propuesta de desarrollar una red de 10 mil pozos de absorción para recuperar el agua pluvial en la Ciudad de México (De Bribiesca, 1952).

En mayo de 1953 la profesora Manuela G. de Bermúdez, en representación de la “Vanguardia Ruiz Cortinista” expuso al Secretario de la Presidencia (ocupada entonces por Adolfo Ruiz Cortínez) que el ingeniero Isaac Ayala había presentado al gobierno, en julio de 1933, un “Proyecto Hidrológico para resolver inundaciones y tolvánicas”. Veinte

años después la profesora advertía que el proyecto no había recibido la debida atención (De Bermúdez, 1953).

En abril de 1955, Enrique Morfín Delorme expuso al presidente la idea de construir pozos de absorción para evitar inundaciones, señalando que en el pasado se debió evitar la salida de aguas fuera del valle (Morfín Delorme, 1955).

En abril de 1957, Carlos Ochoa García presenta un proyecto para la generación de energía eléctrica con aguas negras de la capital en el estado de Morelos, con la finalidad de evitar inundaciones en el Distrito Federal (Ochoa García, 1957).

Todas estas iniciativas dan cuenta de un seguimiento social sobre el problema del hundimiento, las inundaciones, el drenaje de la ciudad y la cuenca del valle. También se pueden advertir las diferentes visiones sobre el tipo de solución requerida a la compleja problemática.

La atención que la sociedad le daba al tema de la gestión hidráulica de la cuenca se manifestaba en esta diversidad de propuestas para atender el tema del desagüe. El inicio de la década de los años cincuenta es significativo por esa atención en el debate. En ese marco se van a establecer por lo menos dos posturas en cuanto a las políticas de gestión hidráulica de la cuenca, ambas sostenidas por expertos. En la siguiente sección abordaremos el análisis de esos posicionamientos.

5.9 El cambio en la visión del desagüe en la segunda mitad del siglo

Para mostrar el cambio de orientación en la gestión, sobre todo en cuanto al desagüe, se analizarán dos documentos, que partiendo del reconocimiento de las causas del hundimiento del suelo, recomiendan acciones que es posible diferenciar entre si con base en su perspectiva de la gestión hidráulica.

El primer documento a analizar es el *Plan general para resolver los problemas del hundimiento, las inundaciones y el abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México*. Este documento fue generado bajo el auspicio de la Dirección General de

Obras Hidráulicas del Departamento del Distrito Federal (DDF) y fue presentado en el año de 1954.

El segundo documento a comentar es el artículo de los ingenieros Raúl E. Ochoa y José Luis Ortiz, “Drenaje de la Ciudad de México, sus problemas y su solución” publicado en la revista *Ingeniería* de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional, en enero de 1964.

5.9.1 El Plan general para resolver los problemas del hundimiento, las inundaciones y el abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México

El *Plan* fue estructurado durante el año de 1953, mediante el trabajo de una Comisión de expertos, cuyo desarrollo profesional los haría partícipes destacados de la gestión hidrológica de la Cuenca del Valle de México durante el siglo XX.

En la estructuración del *Plan general* participaron los ingenieros Raúl J. Marsal (por parte del Instituto Nacional de la Investigación Científica), Raúl Ochoa Elizondo, Agustín Pérez Ruiz, Juan Morcos y Fernando Hiriart B. (de la Dirección General de Obras Hidráulicas).

El ingeniero Roberto Ríos Elizondo, quien estaría al frente de la Secretaría de Obras y Servicios del Departamento del Distrito Federal durante la construcción del Sistema de Drenaje Profundo en la década de 1970, presenta un resumen de las principales propuestas del *Plan general* (1954):

1. Utilizar, hasta donde sea admisible, el alcantarillado existente, aliviando su trabajo en la época de lluvias, por medio de conductos interconectores que limiten las áreas tributarias de cada colector a valores compatibles con sus dimensiones y pendientes.
2. Instalar una planta de bombeo con capacidad de 80 metros cúbicos por segundo y construir un túnel para el mismo caudal, que descargaría las aguas negras y de lluvia en el Gran Canal del Desagüe, a la altura de San Cristóbal Ecatepec.
3. Entubar el primer tramo del Gran Canal y la totalidad de la Prolongación sur, ya que su existencia es un serio problema sanitario para la población y
4. Ampliar la red de colectores hacia las regiones del Distrito que no la poseen. (Ríos Elizondo: 1975: 213)

Entre las obras hidráulicas a realizarse entre 1954 y 1958, el *Plan* proponía las siguientes:

- Interceptor de Poniente.
- Interceptor central.
- Planta de Bombeo Norte (50%).
- Colector y Planta de Bombeo de Aculco.
- Canal de la Planta de Bombeo Norte a San Cristóbal Ecatepec.
- Ampliación de la red de drenaje.
- Entubación de la red de drenaje.
- Rehabilitación de la Desviación Combinada.

El *Plan* tenía una proyección más amplia que la proposición de obras. En este *Plan* se recomendaban acciones tendientes a rehabilitar la funcionalidad del sistema de drenaje vinculado al Gran Canal. Ese sistema tenía gran vulnerabilidad debido al hundimiento del suelo en la ciudad, pues originalmente había sido diseñado para funcionar por gravedad. La pérdida de pendiente había originado la necesidad de establecer un sistema de bombeo eléctrico. Otro aspecto que le restaba viabilidad al sistema de drenaje era la expansión de la ciudad hacia el sur, lo que había motivado la ampliación del canal a cielo abierto.

El documento en cuestión consta de cuatro capítulos. En los tres primeros se presenta un diagnóstico del funcionamiento hidráulico de la Ciudad de México en relación con su entorno inmediato, es decir, la Cuenca del Valle de México.

Líneas arriba se abordó el problema del hundimiento de la ciudad. Al respecto el documento que ahora se comenta señalaba en su primer capítulo que:

Las nivelaciones que la Comisión Hidrográfica hizo de la Catedral entre 1905 y 1911, demuestra que los hundimientos en ese período se presentaban a razón de 3 cm/año. Durante 1938-1948 la velocidad de hundimiento es del orden de 15 cm/año y vuelve a incrementarse apreciablemente en los últimos años, siendo en promedio de 30 cm/año para la parte céntrica de la Ciudad y de 50 cm/año o mayor para ciertos puntos aislados (Hiriart, 1954: 1).

y ello conduciría a un aumento de la cantidad de agua potable necesaria para el abasto de la capital. Por otro lado, el hundimiento del suelo reclamaba una atención inmediata y esto suponía reducir de modo drástico el volumen del agua extraído:

[...] Siendo la causa fundamental del hundimiento el bombeo excesivo dentro de la subcuenca en que está desplantada la Ciudad, es imprescindible reducir la extracción actual de 9.4 a 2.5 m³/seg. para detener los movimientos del subsuelo (Hiriart, 1954: 2).

En el segundo capítulo se ofrecían distintas alternativas para desarrollar nuevas fuentes de abasto que se sumarían a algunas de las existentes y que apoyarían la reducción de la extracción en los pozos artesianos. En ese capítulo se continuó con el diagnóstico, haciendo referencia al concepto de *balance hidrológico*:

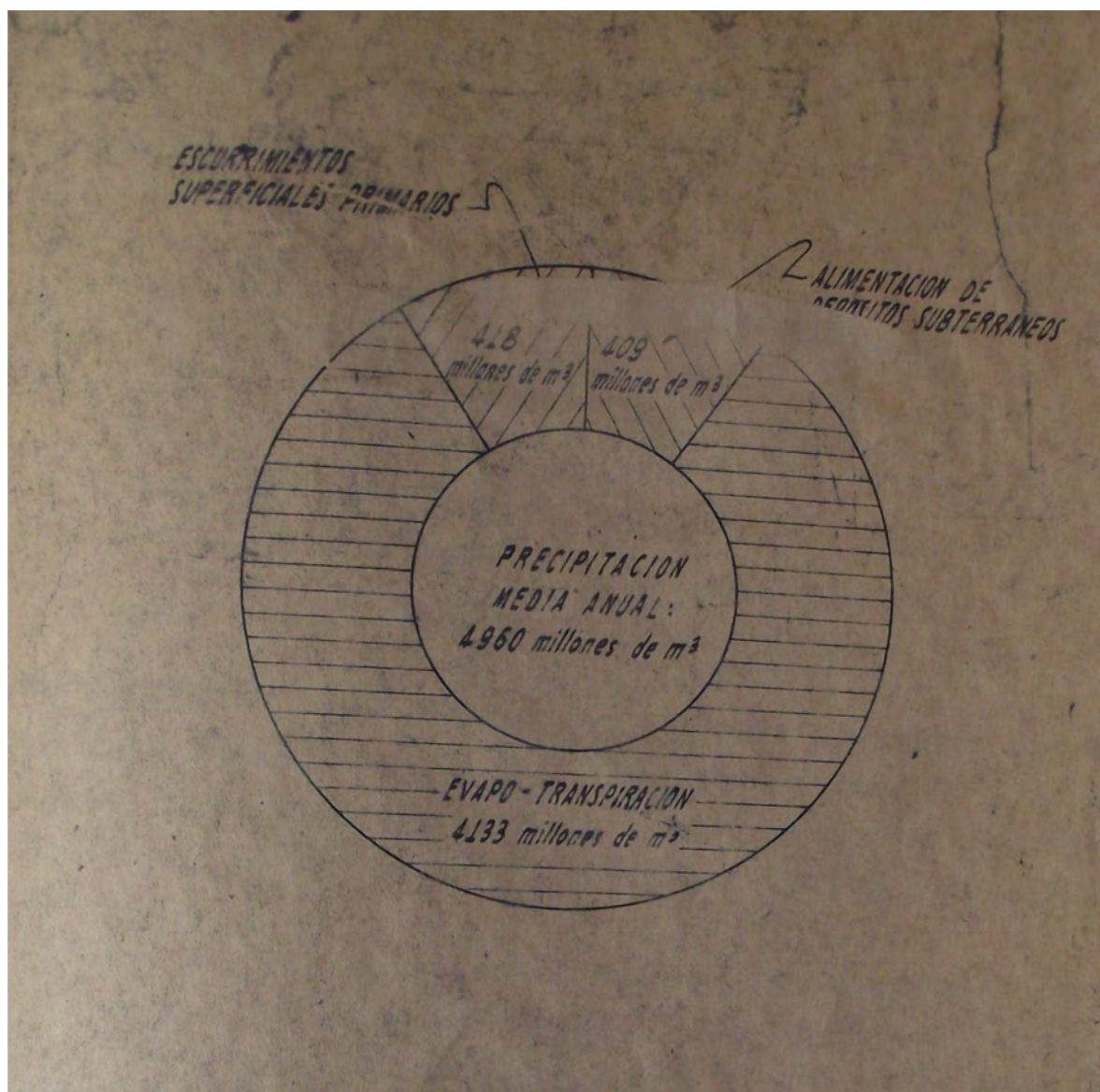
[...] la importancia que tiene para la Ciudad el hacer estudios muy cuidadosos sobre la potencialidad de los mantos acuíferos, la calidad del agua y la localización de las zonas productoras. Por su relación con los aspectos antes mencionados del problema, es fundamental establecer el balance hidrológico del Valle, o sea, la determinación de los escurrimientos superficiales y subterráneos que salen de la cuenca, la evaporación en las superficies lacustres y el uso consuntivo del agua dentro del Valle, para estimar a partir del volumen precipitado, la cantidad que por infiltración alimenta a los depósitos subterráneos. (Hiriart, 1954: 21-22)

En el *Plan* sus autores abogan por profundizar en el conocimiento del denominado *balance hidrológico del valle*, cuya estimación realizan de manera general, sin dejar de advertir las carencias de información con respecto a los escurrimientos superficiales. Se estimó que:

Teniendo presente que el volumen medio de la precipitación anual es de 4960 millones de m³., que por evapo-transpiración se consumen 4133 millones de m³. de agua y que los escurrimientos superficiales primarios suman 418 m³., resulta para la alimentación de depósitos subterráneos un volumen anual de 400 millones de m³., o sean 12.7 m³/seg. Esta cifra es sumamente conservadora, pues en la actualidad se están explotando alrededor de 30 m³/seg. en el Valle y salvo en la subcuenca en que está asentada la Ciudad, los abatimientos de niveles piezométricos han sido pequeños en general. No es posible, por falta de información más precisa en los distintos aspectos del problema, determinar cuál es el gasto que podría extraerse por bombeo; pero seguramente es mayor de 12.7 m³/seg. (Hiriart, 1954: 30).

El siguiente esquema, tomado del *Plan general*, ilustra algunos de los resultados calculados en el balance hidrológico (ver ilustración 36):

Ilustración 36: Balance hidrológico de la Cuenca del Valle de México.



Fuente: Plan general para resolver los problemas del hundimiento, las inundaciones y el abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México. (1954)

El *Plan general* tuvo un explícito interés en vincular el fenómeno del hundimiento y de la investigación sobre el abasto de agua potable con el tema del balance

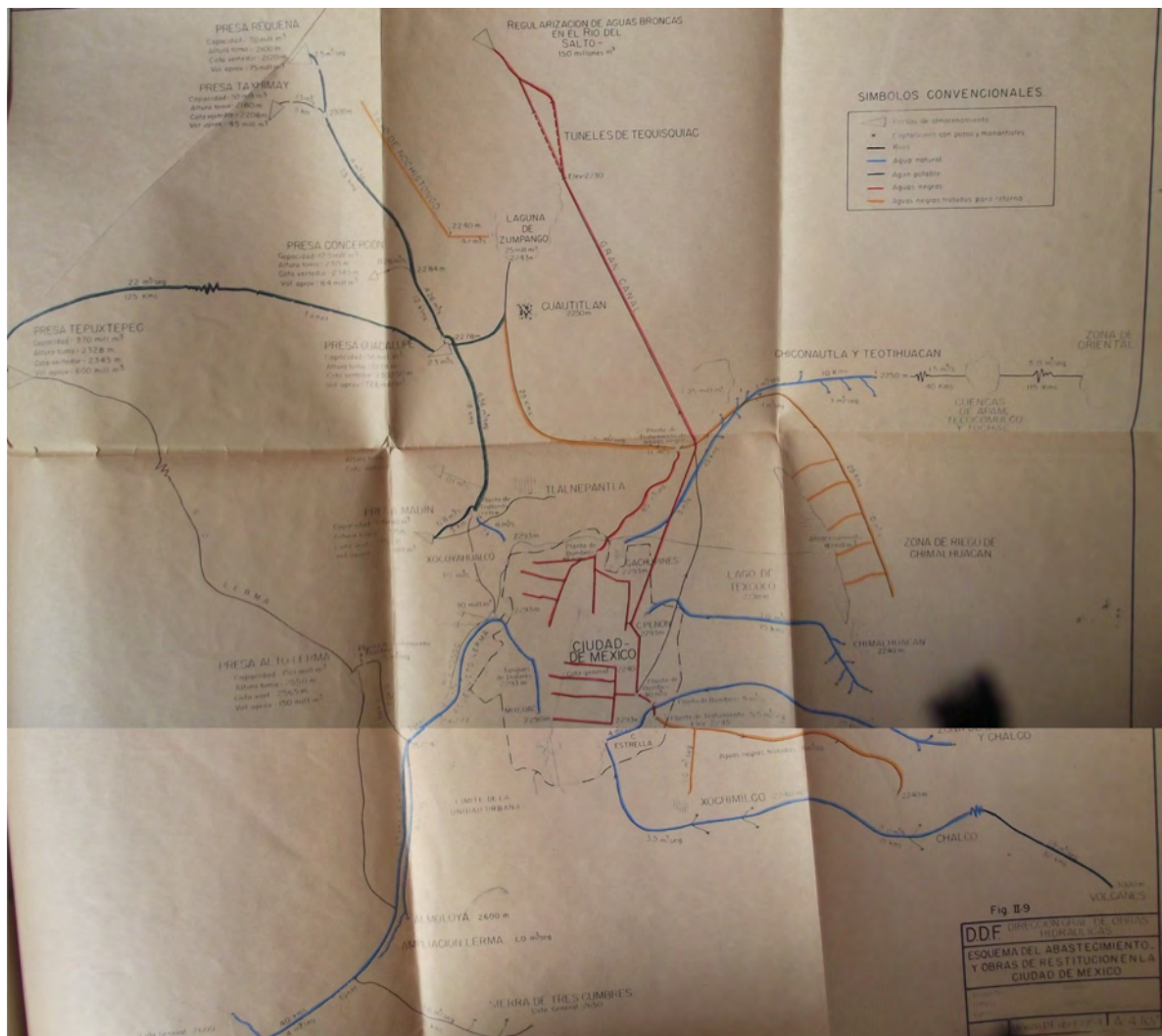
hidrológico, aspecto que nos remite al concepto de equilibrio o desequilibrio hidrológico de la cuenca. De tal modo, en el *Plan* se diagnosticó una situación deficitaria en cuanto a la explotación del acuífero, con el sentido de promover a la reducción de la extracción de agua.

Continuando con su análisis y propuestas, en el *Plan general* se recomendaron una serie de acciones para mejorar y ampliar el sistema de drenaje de la ciudad, además se hicieron propuestas para mejorar la operación del desagüe del valle, que para aquellos primeros años de la década de los cincuenta contaba con un segundo túnel en Tequixquiac, el cual aún no entraba en operación.

El *Plan* presentaba recomendaciones integrales cuyo funcionamiento se preveía como un todo articulado: acciones de mejora, obras para el abasto de agua y sistemas de drenaje y desagüe que posibilitarían, entre otras cosas, detener el fenómeno del hundimiento, disminuir el riesgo de inundaciones y desarrollar mecanismos de abasto para una demanda creciente en el horizonte de los siguientes 27 años.

En la imagen siguiente, tomada del documento en cuestión, se pueden apreciar tanto las obras de drenaje de aguas negras (en rojo) y de aguas tratadas (en naranja) propuestas en el *Plan general* (ver ilustración 37).

Ilustración 37. Esquema de abastecimiento y obras de restitución en la Ciudad de México.



Fuente: Plan General (1954).

Para 1952 entró en operación la primera etapa del acueducto de Lerma. El *Plan General* recomendaba la ampliación de este sistema y el desarrollo de nuevas explotaciones de abasto en Chimalhuacán, Chiconautla, Chalco y la construcción de las nuevas presas de Guadalupe y Madín.

A su vez, el *Plan* recomendaba que se llevaran a cabo obras para regresar aguas negras tratadas a las zonas de importación de agua potable, con la finalidad de alentar su actividad productiva y restituir la extracción de agua realizada. Esto implicaba el desarrollo de plantas de tratamiento y canalizaciones en el sentido contrario al de los

acueductos de abasto requeridos. Esta visión era ambiciosa, en el sentido de que planteaba la necesidad de establecer mecanismos de abasto y de reintegración del recurso hídrico hacia el suroeste, hacia el noreste, al noroeste y hacia el este de la capital del país.

A mediados de la década de los años sesenta se tenía un importante avance de las obras programadas en el *Plan*. Elizondo (1975: 213-221) da el siguiente resumen: la construcción de una red de atarjeas de 2,900 km., 520 km. de colectores, 29 plantas de bombeo, ampliación de las fuentes de abasto, 11 tanques de tormenta y 4 plantas de tratamiento.

Como antes se comentó, una medida que se puso en marcha desde tiempo atrás fue la construcción de colectores subterráneos para aliviar la evacuación de aguas pluviales. El *Plan General* preveía pasar a un nivel mayor de captación con la construcción de los denominados Interceptores central y del poniente. Estos grandes conductos almacenarían de modo transitorio el agua de lluvia (principalmente), atravesando la ciudad por su región central y por el poniente. En el *Plan* se preveía que estas grandes obras hidráulicas se enlazarían con el Gran Canal, a partir de la rehabilitación de la Desviación Combinada, obra construida en 1929, ubicada al norte de la ciudad y al oeste del Gran Canal. El *Plan General* era congruente con la línea de mantener la política de expulsión de las aguas residuales y pluviales, vía la actualización de las infraestructuras vinculadas al Gran Canal, así como el avance en el tratamiento de agua residual.

5.9.2 Ochoa y Ortiz: una postura alternativa

Para el año de 1964 Raúl Ochoa se desempeñaba como Director General de Obras Hidráulicas y José Luis Ortiz era Jefe de la sección de Alcantarillado de la misma Dirección. En su artículo titulado "Drenaje de la Ciudad de México, sus problemas y su solución" los ingenieros Ochoa y Ortiz presentaron un recuento de los planteamientos y avances desarrollados en la infraestructura hidráulica a partir del *Plan General*. A través

de su artículo, los ingenieros buscaron dar congruencia a las obras de abasto y drenaje para lograr una solución cabal al problema de las inundaciones en la ciudad.

Años atrás el ingeniero Raúl Ochoa participó en la elaboración del *Plan General*. Cuando se creó la D.G.O.H, Ochoa se desempeñaba como Jefe de Planeación, Estudios y Proyectos. Desde esa posición y luego como Director, Ochoa se encargó de perfilar el proyecto que daría origen al Sistema de Drenaje Profundo.

En el artículo en cuestión los ingenieros presentaron una breve descripción geofísica de las características de la Cuenca del Valle de México, un relato sintético de las obras del desagüe general desarrolladas en el siglo XIX y un resumen de las características del fenómeno del hundimiento del suelo de la ciudad. Luego señalaron diferentes propuestas para atender la problemática del drenaje de la ciudad en relación con asuntos como el hundimiento, las inundaciones y los desperfectos en el funcionamiento del sistema de drenaje. A su vez, describieron las principales obras realizadas a partir de los años de 1950 e inicios de la década de 1960.

En el texto, los autores examinaron el desarrollo de las obras, sobre todo el interceptor del poniente y la obra de sustitución de la prolongación sur del Gran Canal. Los ingenieros detectaron un conjunto de problemas a atender y los advirtieron de este modo:

- a) Las presas actuales de regularización que se están construyendo en la zona alta sólo alcanzan a controlar la mitad del escurrimiento máximo, sin embargo, es antieconómico proyectar presas de grandes dimensiones.
- b) La rectificación y entubación de los ríos no puede llevarse a cabo en su totalidad en forma definitiva hasta que el caudal de cada uno de ellos no sea totalmente controlado.
- c) Los colectores y las atarjeas deben recalcularse para servir a las grandes áreas construidas y también en función de la densidad de población futura.
- d) Tanto la rectificación y entubación, como la construcción de los colectores y atarjeas no pueden tomar caracteres definitivos hasta que se detenga el hundimiento, el que depende a su vez, de la importación de aguas fuera de la subcuenca misma (Ochoa, 1964: 91).

En su argumentación dieron un gran peso a la cuestión técnica de la construcción de las obras desarrolladas a mayor profundidad.

Con objeto de evitar, que los escurrimientos de la zona alta entren a la ciudad, se construyó un conducto circular de cuatro metros de diámetro con capacidad de 25 m³/seg y con un escurrimiento de Sur a Norte denominada Interceptor del Poniente.

[...]

Debido a que su localización se hizo sobre terreno firme se le puede considerar como una obra definitiva, y es uno de los tres colectores profundos para resolver totalmente el problema del drenaje en la Ciudad de México.

Teniendo en cuenta que: la descarga de este Interceptor debería hacerse a un punto determinado para que trabajara por gravedad, y la topografía del terreno de la zona donde se localiza, fue necesario hacer su construcción profunda, dando como resultado que de sus 17 km. de desarrollo, 14 estén construidos en túnel y tres a cielo abierto (Ochoa, 1964: 91).

Ochoa y Ortiz asignaron gran importancia al empleo de una nueva tecnología que posibilitó el desarrollo de las obras de los interceptores: la excavación de túneles mediante escudo. Advierten las ventajas de esa tecnología de este modo:

Ante el problema de tener que profundizarse hasta los 12.00 m, se pensó en usar por primera vez en México el sistema de excavación de túneles en arcilla por medio de un escudo, el cual como se esperaba tuvo éxito a pesar de las inexperiencias de los trabajadores y personal técnico, además de las fallas propias de un equipo y mecanismos que por primera vez se hacían en México.

Aunque la construcción de túneles en arcilla con escudo es usado por primera vez en México, se le encontraron las siguientes ventajas.

1. Hace posible la construcción de conductos circulares en arcilla a grandes profundidades
2. El trabajador puede laborar sin ningún peligro, puesto que se encuentra totalmente protegido.
3. La construcción de Colectores resulta más sencilla y de mejor acabado
4. Se logran avances por frente que quizá a cielo abierto no se lograrían.
5. Para Colectores a más de 9.00 m de profundidad, resulta más económico su construcción que en túnel a cielo abierto (Ochoa, 1964: 93).

Esta tecnología tuvo su arranque en la minería del siglo XIX, pero su desarrollo fue notable en el siglo XX. El empleo de ese tipo de escudo permitió la construcción de los interceptores, y luego esa tecnología tuvo un importante uso en el desarrollo del Sistema Metropolitano de Transporte (Metro).

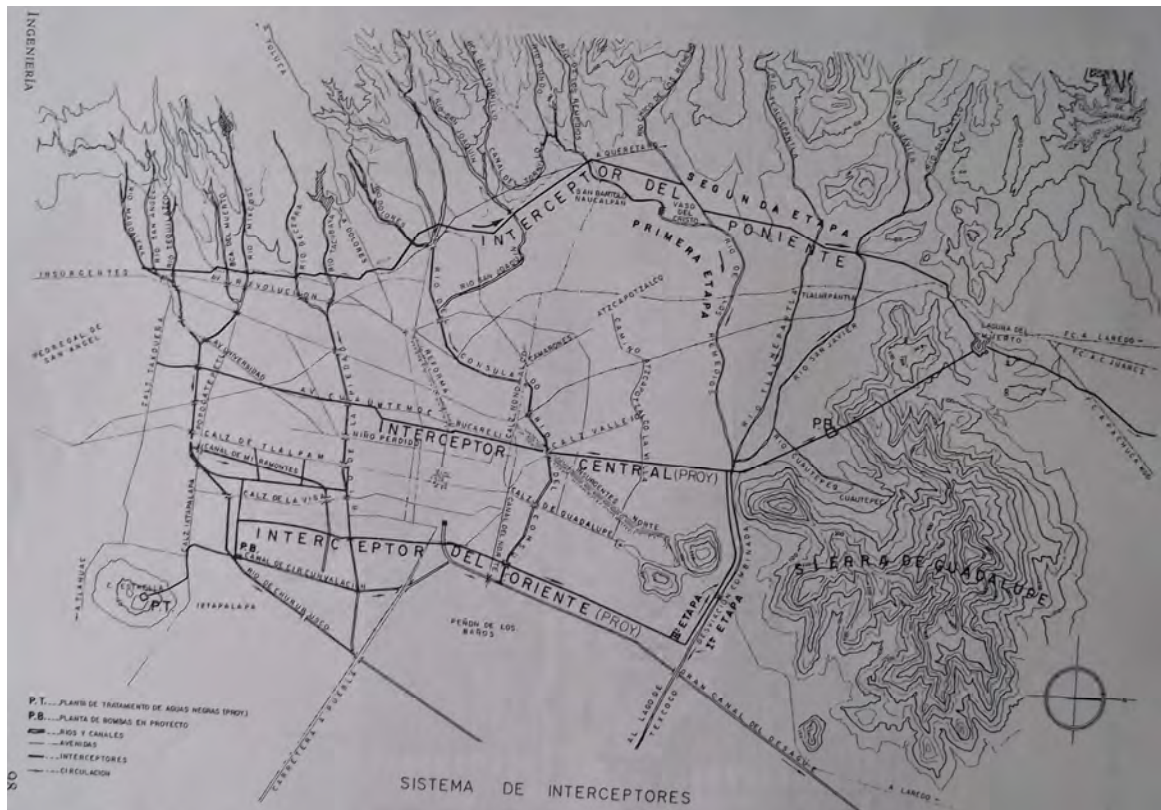
El empleo de los escudos permitió alcanzar una profundidad suficiente en el suelo urbano para librar el efecto del hundimiento. Esta aplicación tecnológica abrió nuevas posibilidades para el desarrollo del sistema de drenaje. Fue un factor

determinante para la viabilidad de la propuesta que se comenzó a configurar durante los primeros años de la década de los sesenta: el Sistema de Drenaje Profundo (SDP).

Sin mencionar la idea del SDP, Ochoa y Ortiz hicieron una referencia que anunciaba una orientación diferente a la del *Plan General* para el desarrollo del drenaje de la ciudad. El factor tecnológico ocupaba un destacado papel en la configuración de la infraestructura urbana. El texto de Ochoa y Ortiz fue elocuente en ese sentido.

En la siguiente imagen (ilustración 38), que proviene del artículo referido, Ochoa y Ortiz presentan los proyectos del interceptor central y el interceptor oriente. El interceptor central se enlazaría con el interceptor poniente, en su segunda etapa, para derivar fuera de la cuenca por el rumbo de Nochistongo. En el *Plan General*, por otra parte, se buscaba reimpulsar el sistema del Gran Canal, mediante la Desviación Combinada.

Ilustración 38. Obras referidas por Ochoa y Ortiz



Fuente: Ochoa y Ortiz (1964)

Años después, el ingeniero Ríos Elizondo señaló otro factor relevante en la reorientación del *Plan General* de 1954:

La primera evolución del proyecto completo que consistía en tres interceptores además del Poniente, de acuerdo con las conveniencias obtenidas de los estudios, consistió en reducirlos a los dos: el Central y el Oriente, que concurrirían en la misma planta de bombeo, próxima a la Desviación Combinada, para descargar al Gran Canal en el kilómetro 20 a través de un túnel. El proyecto siguió evolucionando, por haberse estudiado la alternativa de bombeo al Interceptor del poniente en vez de hacerlo al Gran Canal, con ventajas de economía y sin limitarse a la capacidad de los túneles de Tequixquiac. Posteriormente se hizo el proyecto del Emisor Central para sustituir la planta de bombeo, proyecto con el cual se obtuvieron las mayores ventajas económicas, de operación y seguridad, sin menoscabo para el aprovechamiento de las aguas que ventajosamente se logra hacer en el Distrito de Riego del Río Tula (Ríos Elizondo, 1975: 221).

La incorporación del proyecto del Emisor Central implicó que el factor de los beneficios económicos fuese el criterio crucial en la configuración del cambio de estrategia en cuanto al drenaje. Los rendimientos productivos agrícolas esperados con la irrigación en el estado de Hidalgo tuvieron un peso definitivo para que desde la esfera del gobierno federal se optara por el desarrollo de un nuevo sistema de drenaje y en esa visión el sistema del Gran Canal pasó a un segundo plano de relevancia.

En una revisión superficial parecería que el *Plan General* es un antecedente directo del proyecto de Sistema de Drenaje Profundo (SDP), pero esto no es así. Desde luego que en ese *Plan* se trazaron directrices sobre las que se enlazaron ideas del otro proyecto, pero su intención estaba dirigida a rehabilitar el funcionamiento del Gran Canal.

Hay una distancia grande entre los planteamientos de Ochoa y Ortiz y los objetivos expresados en el *Plan General*. Ambos documentos configuran expresiones de dos visiones del problema del drenaje de la cuenca. Aunque estaban encaminados al desarrollo de infraestructuras para la expulsión de las aguas del Valle de México, difirieron en los mecanismos propuestos.

¿Qué implicaciones tuvo la opción de sacar el agua por el SDP hacia el sistema de riego en Tula? La expulsión del agua fuera de la Cuenca del Valle de México tuvo un carácter más definitivo. Por el contrario, con la prioridad asignada al sistema del Gran Canal, la idea de utilizar el agua en la rehabilitación del lago de Texcoco tendría posibilidades más amplias.

Los ingenieros involucrados en la confección del *Plan General*, como Hiriart o Marsal y otros, desarrollaron, hacia finales de la década de 1960-1970, el proyecto para la rehabilitación del lago de Texcoco. Para entonces, el lago de Texcoco se encontraba prácticamente desecado y el proceso de urbanización ya había comenzado en lo que fue parte del terreno de su lecho.

La rehabilitación del sistema del Gran Canal no necesariamente implicaba la desecación total del lago de Texcoco, lo cual podría representar fuertes problemáticas adicionales para la ciudad: tolveneras en el período de secas y sobre todo, terreno disponible para la acentuar el proceso de urbanización no planificado.

Durante los años sesenta la Ciudad de México continuaba creciendo en términos demográficos y urbanos. Esta tendencia se acentuaría en la década de los años setenta. El riesgo de inundaciones era una constante para la que no había una solución definitiva.

Sobre la relación entre las visiones, la del *Plan General* y la presentada por Ochoa y Ortiz en su artículo, quizá la más importante es que en ambos se preveía la aplicación de infraestructuras subterráneas a través de colectores de grandes dimensiones. No obstante esa tecnología no gozaba de un consenso total como la mejor solución a la problemática de las inundaciones. El problema del hundimiento fue el factor técnico decisivo para apostar por esta solución en virtud de que estos colectores tienen la profundidad suficiente para librar la afectación por hundimiento del suelo, aunque no fueran garantía de ser una solución definitiva a largo plazo.

El tema del desequilibrio hidrológico de la cuenca no es abordado por Ochoa y Ortiz, cuyo debate se había planteado en torno del fenómeno del hundimiento. De hecho, con el descubrimiento de la relación entre el hundimiento y la explotación del acuífero, la idea un desequilibrio hidrológico a nivel regional ganó fuerza, como lo expresaba el *Plan General*.

¿Por qué razones este enfoque del problema no está presente en la propuesta de Ochoa y Ortiz? En principio, porque la concepción del desequilibrio hidrológico respondía más a una posible interpretación del funcionamiento del sistema hidráulico metropolitano que a un fenómeno totalmente comprobado. Ahora bien, la relación entre hundimiento y sobreexplotación del acuífero fue reconocida, pero no al punto de poner en entredicho la visión de la gestión hídrica regional. Se buscó el abasto de agua desde cuencas externas, dando continuidad a una medida emprendida desde la década de los años cuarenta. También fue evaluada la viabilidad del uso productivo del agua en actividades agrícolas dentro y fuera del Valle de México. De lo anterior da cuenta la *Memoria Histórica del Obras del SDP* (1976).

5.9.3 La nueva orientación toma la ventaja

El debate en torno de los desequilibrios hidrológicos en el Valle de México, vinculados a las políticas de gestión y obras hidráulicas habría comenzado desde principios de la década de los años cincuenta. Fue una discusión entre ingenieros especialistas en temas de hidráulica. El tema no se convirtió en el eje del debate sobre la gestión del agua para la ciudad.

La expansión urbana de la Ciudad de México y su Zona Metropolitana ha evolucionado por una senda imperturbable, causando la transformación ecológica de la cuenca, sobre todo durante el siglo XX. El fenómeno de la expansión urbana constituyó el argumento más fuerte para buscar un viraje importante en la política de gestión hídrica.

En la evaluación de la productividad agrícola dentro y fuera de la cuenca se encontró que un aprovechamiento de agua más rentable ocurriría con la irrigación del valle de Tula (también conocido como Valle del Mezquital) en el estado de Hidalgo. La conformación de uno de los más grandes distritos de riego con aguas negras a nivel mundial significó no sólo una opción de grandes beneficios económicos, sino la estructuración del dominio político sobre una región a futuro.

Aunque los planes para irrigar artificialmente al Valle de Tula se remontan a la década de los años sesenta del siglo XIX, no es sino hasta más de un siglo después cuando se puede llevar a la práctica en una gran escala y como proyecto de Estado.

El Estado nacional jugó un relevante papel en el tema abordado, no sólo en términos de la ejecución de las grandes obras o en la orientación de las políticas, sino desde la determinación de los problemas prioritarios a atender.

No obstante, los grupos de especialistas que desarrollaron la investigación y la discusión científica de los problemas hidrológicos de la cuenca dispusieron de cierto margen de libertad para plantearse alternativas a la visión prevaleciente en las instituciones gubernamentales.

Sintetizando, se pueden considerar, entre otros, tres aspectos relevantes para la decisión de un nuevo sistema de drenaje para la ciudad: el hundimiento de la misma, la

innovación tecnológica y el aprovechamiento productivo de los recursos hídricos desalojados.

Es necesario insistir en que el hundimiento constituía uno de los problemas más apremiantes de la década de los años cincuenta, ya que ese fenómeno se encontraba detrás de otros problemas contingentes como las recurrentes inundaciones que afectaban a la capital o la pérdida de eficiencia del Gran Canal.

El nuevo sistema se denominó Sistema de Drenaje Profundo. Con este sistema se proyectaba la evacuación del agua residual y pluvial de la ciudad hacia la cuenca vecina en el norte, mediante un sistema de conductos perforados a gran profundidad en el subsuelo.

Antes hemos referido que esa política ya había recibido un cuestionamiento en relación al desequilibrio entre los recursos hídricos existentes y su déficit, debido a su sobre-explotación y al ciclo natural de las temporadas de lluvias y secas en la región.

Un aspecto que es importante destacar es que la reflexión sobre la solución de los problemas hidrológicos de la ciudad y la cuenca no se dio de manera previa a la discusión sobre el desequilibrio hidrológico. Fueron discusiones simultáneas a lo largo de la década de los años cincuenta.

Esos problemas dieron motivo para que se desarrollara una visión alternativa a la idea de la desecación de la zona lacustre. El suelo de la ciudad perdía nivel y la vulnerabilidad de la entidad, a consecuencia de la falta de agua, comenzaba a perfilarse como uno de los temas principales en el futuro.

Manuel Sandoval Vallarta dictó una conferencia el 25 de agosto de 1965 en el Colegio Nacional. Su ponencia trataba sobre un proyecto para la producción de agua potable a través de la *desalinización nuclear* y la generación de energía eléctrica, empleando al vaso del lago de Texcoco como colector pluvial (Periódico La Prensa, 26 de agosto de 1965). Otros expertos, como Nabor Carrillo, solicitaron apoyo al gobierno para la realización de estudios con la finalidad de reactivar la región lacustre en Texcoco.

Ese proyecto respondía a la necesidad de atender los problemas de abasto de agua, hundimiento del suelo y rescate ecológico de la cuenca. Además representó una de las visiones alternativas más ambiciosas para la recuperación de la región lacustre.

5.10 La propuesta del Sistema de Drenaje Profundo

5.10.1 El proceso de desarrollo del Sistema de Drenaje Profundo

El planteamiento del Sistema de Drenaje Profundo se presentó en 1959 por parte de la Dirección General de Obras Hidráulicas, es decir, cinco años después de la presentación del *Plan General*. La Dirección General nos dice lo siguiente, en una publicación realizada en 1973:

[...] 1959 después de haber estudiado varias alternativas para el alejamiento final del agua procedente de los interceptores, se decidió hacerlo mediante un Emisor Central que colectara el agua de los dos interceptores, Central y Oriente y las transfiriera al Río del Salto, situado a 50 km de la Ciudad de México y 130 m más abajo que ésta.

[...]

El proyecto de los interceptores profundos y el Emisor Central resultó de las varias alternativas que fueron evolucionando tomando en cuenta estudios efectuados por la Dirección y aún por otros organismos gubernamentales, entre ellos la Secretaría de Recursos Hidráulicos. Después de estudiar cada alternativa, considerando sus ventajas técnicas y económicas, la decisión fue utilizar la de los interceptores profundos servidos por un Emisor Central insistiéndose que por razones sociopolíticas, económicas y técnicas es urgente iniciar la construcción del sistema. (Dirección General de Obras Hidráulicas, 1973)

La D.G.O.H señaló que uno de los motivos para los cambios con respecto al *Plan General* fue lograr un alejamiento de las aguas residuales y pluviales de la ciudad y de la cuenca.

Durante la década siguiente la Dirección General emprendería los estudios necesarios para el planteamiento del proyecto del SDP, cuyo arranque se dio al final de la década de los años de 1960.

Para finales del año de 1971 el gobierno federal creó una Comisión Técnica Intersecretarial de Supervisión del Sistema, encabezada por el Jefe del Departamento del Distrito Federal (DDF), el Lic. Octavio Sentíes Gómez y como su suplente el Lic. Roberto Ríos Elizondo, Secretario de Obras y Servicios del DDF. Formaban parte de esta Comisión el ingeniero Fernando Hiriart, Secretario de la Presidencia de la República, el ingeniero César Buenrostro (Secretario de Recursos Hidráulicos, sustituido posteriormente por el ingeniero Manuel Lajud Malpica), el Lic. Carlos Tello Macías (Secretario de Hacienda y Crédito Público y el Ingeniero Miguel Montes de Oca (Secretario de Patrimonio Nacional). Además, el proyecto contó con la asesoría de especialistas del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional.

Con el fin de llevar a cabo las acciones de construcción se conformó un consorcio privado de empresas bajo la denominación de TUNEL S.A. de C.V. Como parte del proceso de construcción se emplearon 10,000 trabajadores y 500 ingenieros, así como 5,700 máquinas de construcción.

Para finales de 1971 se habían excavado 27.6 km, en 1972 se excavaron 21.1, para mediados de 1974 se excavaron 18.0 y en el año de la conclusión de las obras en su primera etapa se excavó un km.

5.10.2 Los diagnósticos científicos de la problemática planteada para la construcción del Sistema de Drenaje Profundo

Para llevar a cabo la ejecución del proyecto del Sistema de Drenaje Profundo se realizaron una serie de estudios científicos sobre aspectos diversos durante la década de 1960. Entre esos estudios cabe señalar los siguientes, de acuerdo con el sumario publicado por la D.G.O.H.

Estudios hidrológicos. Se realizó un cálculo para determinar el gasto por aguas negras generado por los interceptores y se estimó en 47 m³/seg. También se realizaron estudios para calcular el gasto pluvial y se estimó en 107 m³/seg. Con estudios adicionales se llegó a una estimación de gasto total de 200 m³/seg., parámetro definitivo que se empleó para la proyección de la obra.

Con apoyo del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México se construyó un modelo a escala de la descarga del Emisor Central.

Estudios de propiedades mecánicas del suelo. Estos estudios evaluaron tres aspectos principales al respecto del suelo en la cuenca: la resistencia al esfuerzo cortante, la compresibilidad y la permeabilidad. Para llevar a cabo estos estudios fue muy importante el conocimiento y experiencia acumulados desde los años de 1940 sobre la cimentación en la Ciudad de México.

También se realizaron estudios de estratigrafía del suelo y la exploración del subsuelo a lo largo del camino recorrido por el interceptor oriente. En esos trabajos fue muy importante la investigación previa realizada por los ingenieros Raúl Marsal y Marcos Mazari, divulgada en 1959.

Estudios sobre las deformaciones probables del eje de los interceptores. Se llevó a cabo un análisis del hundimiento probable de un "Colector proyecto 1962". Como resultado de este estudio se determinó que la ubicación más adecuada para los interceptores sería entre los 28 y los 45 metros de profundidad, posición cercana a la primera capa dura del suelo.

Estudios de los esfuerzos sobre el túnel de los interceptores. De la realización de estos estudios se determinó el procedimiento de excavación del túnel mediante escudo con herramienta rotatoria protegido al frente y con capacidad para usar aire comprimido o bentonita para estabilizar el frente.

También se realizaron estudios sobre la geología a lo largo del recorrido del Emisor Central y sobre la tectónica de la cuenca, así como el cálculo del revestimiento de concreto de las secciones del túnel. En las siguientes imágenes podemos apreciar algunos modelos desarrollados para el análisis en la fase de estudios del proyecto (ver ilustración 39).

Ilustración 39. Modelos de estudio para el SDP

Modelo para el análisis de los esfuerzos en el túnel



Prototipo de las dovelas para los interceptores



Modelo a escala de la estructura de descarga del Emisor Central al río el Salto.



Fuente: DGOH (1973). El Sistema de Drenaje Profundo

5.10.2.1 Investigación durante el desarrollo de la obra

Una mención especial merece la investigación científica desarrollada en paralelo y como respaldo a la ejecución de la obra del SDP. Por ejemplo, en la sesión ordinaria de la Comisión Técnica de Supervisión del Sistema del 16 de agosto de 1973 (Comisión Técnica de Supervisión del Sistema de Drenaje Profundo, Acta núm. 39) se aprobaron precios unitarios para la realización de un conjunto de pruebas y estudios, sobre todo en relación a la interacción del suelo con la infraestructura que se estaba desarrollando:

Prueba de sensibilidad.

Determinación de la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos.

Prueba de permeabilidad lugen.

Determinación de pesos volumétricos.

Suministro, habilitado y colocación de inclinómetro.

Prueba de extrusión.

Prueba de compacidad relativa.

Prueba de permeabilidad.

Prueba de expansividad.

Estos estudios eran llevados a cabo por un consultora externa denominada DIRAC S.C., a la que incluso se solicitó realizar estudios que en principio realizaría el Instituto de Ingeniería de la UNAM, de acuerdo con las discusiones de la propia Comisión Técnica de Supervisión.

5.10.3 Caracterización del Sistema de Drenaje Profundo

El Sistema de Drenaje Profundo se diseñó a partir de dos partes principales: dos grandes túneles subterráneos, -denominados interceptor oriente y central-, que recorren la Ciudad de México desde el sur hacia el norte y que confluyen en un tercer túnel, -el Emisor Central-, de mayor diámetro y que parte de los límites de la ciudad hacia el noroeste de la cuenca, para descargar en el río el Salto. Posteriormente el agua pasaría al río Tula y de ahí al río Pánuco, para desembocar al Golfo de México. Originalmente se proyectó la construcción de un vaso de regulación para la irrigación del distrito tres de riego en el estado de Hidalgo.

El interceptor central tiene una longitud de 25 km. y una profundidad promedio de 30 m. El interceptor oriente tiene una longitud de 27 kilómetros y una profundidad promedio de, también, 30 m. El Emisor Central tiene una longitud de 50 km. y una profundidad promedio de 120 m.

Tabla 11. Características principales de los componentes del SDP

Característica	Interceptor central	Interceptor oriente	Emisor Central
<i>Longitud (km)</i>	25	27	50
<i>Área drenada (ha)</i>	11,217	20,346	-
<i>Profundidad media (m)</i>	30	30	120
<i>Diámetros (m)</i>	4 en los primeros 12 Km y 5 en los restantes	4 en los primeros 11 km y 5 en los restantes	6.5
<i>Gasto máximo</i>	90 m ³ /seg. para 5 m de diámetro	110 m ³ /seg. para 5 m de diámetro	200 m ³ /seg.
<i>Velocidad máxima</i>	4.6 m/seg. para 5 m de diámetro	5.6 m/seg. para 5 m de diámetro	6 m/seg.
<i>Pendiente</i>	0.0005	0.0007 a 0.0005	0.00195

Fuente: D.G.O.H. (1973)

El proyecto del SDP también consideró una serie de obras adicionales para asegurar su funcionamiento. Entre estas obras deben mencionarse las siguientes, como son señaladas en el documento de la D.G.O.H.: la estructura de descarga del Emisor Central en el río El Salto, las estructuras de descarga de los colectores interceptores y la obra para derivar los caudales excedentes del Gran Canal al interceptor oriente.

En la siguiente imagen se puede apreciar una perspectiva de las obras de construcción del interceptor oriente así como el punto de conexión de los interceptores con el Emisor Central (ver ilustración 40).

Ilustración 40: Perspectiva de la construcción del revestimiento del interceptor oriente y Punto de encuentro de los interceptores con el Emisor Central.

Perspectiva de la construcción del revestimiento del interceptor oriente



Fuente: DGOH (1973). El Sistema de Drenaje Profundo

Punto de encuentro de los interceptores con el Emisor Central



Fuente: DGOH (1973). El Sistema de Drenaje Profundo

El Emisor Central, conducto que dirige las aguas residuales fuera de la cuenca, constituye una salida artificial ubicada en la cercanía de la zona escogida por Enrico Martínez para construir el tajo de Nochistongo. Por el Emisor Central fluye, permanentemente, el agua drenada de la cuenca de la Ciudad de México. Desde luego que durante la temporada de lluvias la lámina de agua llega a triplicar su altura, lo cual no significa que su abundante caudal sea más apreciado por los agricultores del Valle del Mezquital, debido a que durante ese período las partes orgánicas del agua residual están más disueltas y son menos útiles en el proceso de producción agrícola.

Los trabajos documentados de la Comisión Técnica dan cuenta de una diversidad de temas relevantes para este estudio. En la sesión extraordinaria del 18 de octubre de 1974, con motivo de los avances logrados hasta esa fecha y en

conmemoración de la unión de los últimos frentes de ataque el Ingeniero Ochoa rindió un informe que se reproduce en su totalidad, por su aporte a nuestra exposición:

Por instrucciones de esta Comisión Técnica de Supervisión para las Obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal, me permito presentar un breve informe de los trabajos realizados para el Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal, y el estado actual de avance de las obras. Previamente es necesario exponer una pequeña historia, que para mí ha sido de especial interés y gran pasión: En Octubre de 1953, fue creada la Dirección General de Obras Hidráulicas. En Mayo de 1954, la propia Dirección formuló “Un Plan General para resolver los problemas del hundimiento, las inundaciones y el abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México”. Se realizaron en el período 54-58 algunas de las obras estipuladas en dicho Plan, en el cual el sistema de drenaje quedaría resuelto mediante 3 Interceptores: el del Poniente, en operación, construido en 1960 hasta el Vaso de El Cristo, y en 1964 prolongado hasta el Tajo de Nochistongo; y los interceptores Central y Oriente. El escurrimiento de éstos últimos sería bombeado a la altura de San Cristóbal Ecatepec, para descargarlo al Gran Canal del Desagüe. En Marzo de 1959, se concibió la idea de un sistema profundo como drenaje definitivo del área urbana, presente y futura, de la ciudad, para ser drenada por gravedad, ya que se trataba con el mejor sistema de proteger su parte más valiosa y la que ha sido mayormente afectada por los hundimientos debido a la extracción del agua del subsuelo. Con esa idea fundamental, se empezaron los estudios de posibles trazos y la geología de ellos, así como los de hidrología urbana hasta llegar a tener después de la evaluación de muchas alternativas, un proyecto definido en el año de 1962. Este proyecto consistió en los Interceptores profundos y el Emisor Central totalmente construidos en túnel, para descargar al Río del Salto. Se hizo un modelo hidráulico del Emisor en el Instituto de Ingeniería de la UNAM, para ratificar los estudios teóricos y a la vez, se efectuaron sondeos para conocer mejor las rocas y suelos que atravesarían tanto el Emisor Central como los Interceptores. El proyecto final consistió en un Interceptor Central, que se inicia en la Av. Miguel Ángel de Quevedo, a lo largo de la Calle de Tres Cruces, siguiendo al norte por Cuauhtémoc, Bucareli, Guerrero, Insurgentes, Av. De los Cien Metros, hasta llegar a la Luminera 0 en Cuauhtémoc; en el Interceptor Oriente, que parte del Río Churubusco por la Av. Francisco del Paso y Troncoso, después sigue por la Av. Ingeniero Eduardo Molina hasta el Río de los Remedios, desde donde va paralelo al mismo hasta unirse al Central en la Luminera 0. Ambos Interceptores, de 100 m³/s de capacidad cada uno y 5m de diámetro, se alojan a una profundidad que varía de 30m a 50 metros. De la Luminera 0, situada en Cuauhtémoc y en las cercanías de Tenayuca, estado de México, arranca el Emisor Central siguiendo una línea con dirección al noroeste hasta la Luminera 5, donde hace una deflexión a la derecha para seguir recto hasta la Luminera 9, en las inmediaciones de Tepotzotlán y de ahí otra pequeña deflexión hacia la izquierda, al noroeste, para continuar en línea recta hasta el Portal de Salida y descargar al Río del Salto, en las cercanías de la Presa de Requena. Tiene una longitud aproximada de 50 kilómetros y 6.50 m. de diámetro ya revestido, con una capacidad de 200 m³/seg. En el año de 1967 iniciaron la obra ocho empresas constructoras y, a la vez, se había adquirido maquinaria especial consistente, fundamentalmente, en 6 malacates, 7 rezagadoras y 280 carros mineros. Se localizaron las lumineras en el campo y el 17 de Marzo de 1967, acompañado de los representantes de las empresas y el Residente de la Obra, dí con ellos los primeros golpes de zapapico

en las Lumbreras 2 y 17, haciendo lo mismo en días sucesivos, hasta iniciar todas las programadas. Con fecha 2 de Enero de 1971, se formó el Consorcio denominado TUNEL, S.A. de C.V., compuesto por 7 de las empresas que estaban trabajando anteriormente, para proseguir las obras, habiéndose equipado con todo lo necesario para que avanzaran a un ritmo adecuado. La presente administración gubernativa, así como la empresa constructora, recibieron la obra con algunas lumbreras terminadas y parte de túneles en el Emisor Central y en los Interceptores, lo que en conjunto representaba un 13%, tanto en costo como en obra. Esta obra colosal, puede considerarse ahora un triunfo de la ingeniería mexicana y de las autoridades, por las dificultades técnicas y económicas superadas. El sábado 12 de este mes se terminó el tramo 9-10 del interceptor Central, que se hizo con escudo y aire comprimido, método aplicado por primera vez en la Ciudad de México; y, como maniobra final, ya se procede a sacar el escudo. En el tramo de la Lumbrera 8 a la 10 del Emisor Central, debido a haberse encontrado un terreno mucho más deleznable de lo que esperaba, con grandes cantidades de agua por achicar, y habiéndose presentado un caído de serias proporciones, de conformidad con los asesores de la Dirección y la Comisión Técnica de Supervisión del Sistema de Drenaje, se acordó hacer un desvío del Emisor construyéndose una nueva Lumbrera 9, lo que también permitió librar el cruce bajo el Convento y el Pueblo de Tepotzotlán. Se recomendó en este tramo mayor abatimiento de los niveles freáticos, para lograr la máxima seguridad en la construcción, así como seguir el revestimiento de concreto inmediatamente a continuación de la excavación. El procedimiento dio magníficos resultados, en forma tal, que los avances cruzando los estratos deleznales, tanto de ignimbrita de la Lumbrera 9 a la 8, como de tobas, de la 8 a la 9, fueron mejores que los esperados, y podemos decir con satisfacción habernos adelantado un mes al programa establecido. Con el objeto de aliviar al Gran Canal de sus caudales máximos, se construye en el km. 6+800, la Obra de Toma, con capacidad hasta de 100 m³/seg. De la cual solamente falta instalar los mecanismos de las compuertas; es decir la obra está prácticamente terminada, así como el tramo de túnel de conducción que parte de la citada estructura hasta la Lumbrera 11 del Interceptor Oriente. La Obra de Descarga del Emisor Central lleva 90% de avance, faltando los detalles finales de colocación de compuertas y conformación del área de acceso. En el revestimiento de los Interceptores y Emisor se tiene un avance de 50 km., faltando una longitud de 18 km. del total. Se han colocado 870,000 m³ de concreto, de un total de 1'200,000, de los cuales 728,000 corresponden al Emisor y 142,000 a los Interceptores. El volumen promedio de concreto en el Emisor es de 21 m³ por metro lineal, en el interceptor Oriente 12 m³ por metro lineal, y en el Central, excavando en su mayoría con escudo, que requirió dovelas de concreto, el revestimiento final es de 6.00 m³ por metro lineal. Inmediatamente después del revestimiento, se llevan a cabo las inyecciones de contacto para rellenar posibles huecos entre concreto y subsuelo. Las obras complementarias, como las estructuras de descarga de los Colectores 15, 11 y Río del Consulado, y además, el alivio del Río de los Remedios y del Río de Tlalnepantla, se están llevando a cabo con gran rapidez, por lo cual podemos asegurar que la obra se concluirá dentro del programa, el cual tiene fijado terminar a fines de Mayo del año próximo. Igualmente, se están llevando a cabo las ampliaciones y rectificaciones de los Ríos del Salto y Tula, hasta esta última población, para que sean capaces de transportar los caudales máximos que aporte al Emisor, además de los de sus propias cuencas, y proteger las poblaciones ribereñas de los daños por inundación que han sufrido, como Jasso, Tula, etc.; obras que se terminarán en el mismo lapso del programa. También para ejecutar las obras, se construyeron más de 60 kms. de caminos de servicio para las

lumberas, los cuales quedarán para beneficio de las comunidades que las utilizan. La rezaga extraída ha sido empleada y se seguirá usando en diversos tipos de obras, como balastro para ferrocarriles, sub-bases y bases de caminos, pavimentación o arreglo de calles de las poblaciones aledañas y algunas construcciones de servicio social. Se han instalado también más de 100 kms. de líneas eléctricas de alta tensión, que una vez terminadas las obras serán entregadas a las comunidades cercanas que necesiten utilizarlas. En este momento emotivo histórico, señor Licenciado Octavio Senties Gómez, Regente del Distrito Federal, en que usted, por instrucciones del Señor Lic. Luis Echeverría, Presidente de la República, ejecutará la última “tronada” para remover el material y hacer la unión de los últimos frentes de ataque, en el tramo 8-9 del Emisor, concluyéndose así las obras de excavación, quedará demostrada la enorme preocupación de las autoridades de la República que han dado su apoyo, tanto económico como moral, para terminar una obra de máximo beneficio social para todos y cada uno de los habitantes de México, de esta generación y de muchas más que vendrán dentro de un amplio futuro (Comisión de Supervisión Técnica del Sistema de Drenaje Profundo, 18 de octubre de 1974: 10-16).

El relato de Ochoa establece que la idea del drenaje profundo no se desprende del *Plan General*, sino sólo algunos de sus planteamientos y proyectos. Es enfático en señalar la rapidez con la que se ejecutó la primera etapa de la obra, incorporando técnicas novedosas en el país.

En la parte final del informe sólo se señalan las obras de rectificación del río El Salto en las cercanías de Tula. Esto es importante porque desde el año de 1974 y durante 1975 la Comisión tuvo una intensa discusión interna sobre ese tema. Por un lado su Presidente, el Lic. Roberto Ríos se mantenía firme en la idea de conducir las aguas negras hacia la presa Endó para irrigar el distrito 03. Por su parte, el Ingeniero Manuel Lajud, representante de la Secretaría de Recursos Hidráulicos sostenía una idea distinta sobre la finalidad del sistema:

Respecto de las diferentes pláticas sostenidas entre la Dirección General de Obras Hidráulicas del Departamento del Distrito Federal y la Dirección General de Irrigación y Control de Ríos de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, sobre la descarga del Emisor Central al río Tula, me permito hacer del conocimiento de esa Comisión dignamente presidida por usted, los acuerdos tomados que a continuación se enumeran: 1.- Que por oposición manifiesta de los sectores del Estado de Hidalgo que se sienten afectados, y por los estudios realizados por la Secretaría de Recursos Hidráulicos, las aguas provenientes del Emisor Central, deberán ser desviadas del río Tula en su totalidad (200 m³/seg) a través del canal Salto-Tlamaco al río Salado; para lo cual la Dirección General de Irrigación y Control de Ríos se encuentra modificando el proyecto de esta obra que fue enviado a esa Comisión con oficios Nos. 1231.1.40 y 1231.11.198 de enero 11 y febrero 8 de 1974, respectivamente, con objeto de que se iniciara lo antes posible, ya

que siempre ha sido considerada como una obra complementaria a las del Sistema de Drenaje Profundo.- 2.- Que las obras proyectadas por esta Secretaría para el mejoramiento de las condiciones hidráulicas del río Tula y que actualmente realiza el Departamento del Distrito Federal no deben suspenderse, ya que en caso de presentarse la necesidad imperiosa de derivar aguas del Gran Canal del Desagüe al Interceptor Oriente en época de lluvias, estas obras protegerán de posibles inundaciones y áreas de cultivo aledañas a dicho río.- 3.- Que mientras no se concluyan las obras del canal Salto-Tlamaco, las aguas residuales de la Ciudad de México, continuarán descargándose al Gran Canal del Desagüe con dos finalidades: a) No contaminar las aguas de la presa Endó.- b) Satisfacer las demandas de riego tanto en el Valle de México como en el Distrito de Riego 03 Tula, Hgo.- 4.- Que aún cuando esté en operación el canal Salto Tlamaco y mientras las aportaciones de aguas residuales provenientes del estado de México no igualen a los escurrimientos que hasta la fecha se han venido descargando al Gran Canal por parte del Departamento del Distrito Federal, se continuarán operando las estaciones de bombeo instaladas a lo largo del mismo, para satisfacer las demandas de riego existentes, desde el kilómetro 20 + 000 del propio canal hasta la presa derivadora de Tlamaco. Por separado la Secretaría de Recursos Hidráulicos entregará al Departamento del Distrito Federal los datos detallados de los compromisos y la forma de como se han venido satisfaciendo. Por otra parte, esta representación solicita a esa Comisión si para ello no existe inconveniente alguno, se integre una subcomisión que estudie el presupuesto requerido para la instalación de estaciones hidrométricas que pudieran quedar instaladas en las lumbreras del Emisor Central, con el objeto de llevar los registros desde el primer día que opere la primera Etapa del Sistema de Drenaje Profundo (Comisión de Supervisión Técnica del Sistema de Drenaje Profundo, 3 de abril de 1975: 180-184).

La discusión interna en la Comisión Técnica es una muestra de que no existía un consenso pleno entre los funcionarios públicos sobre la funcionalidad del SDP en cuanto a las aguas negras y su manejo. Mientras que el representante de la Secretaría de Recursos Hidráulicos lo visualizaba como un mecanismo que operaría eventualmente en apoyo al Gran Canal, los representantes de la Dirección General de Obras Hidráulicas del DDF lo pensaban como un instrumento de uso permanente.

En febrero de 1975, a unos meses de finalizar su primera etapa, en la Comisión Técnica se discutía el problema de la irrigación en el distrito tres de riego. La Secretaría de Recursos Hidráulicos del gobierno federal manifestó su oposición a hacer pasar aguas negras en Tula, Cruz Azul o Jasso, ni que llegaran a la presa Endó. La Comisión discutió sobre la posibilidad de dar tratamiento al agua en alguna otra región, como Ecatepec, pero no se estableció ningún acuerdo al respecto. También había preocupación por el uso de las aguas negras en el riego (6 de febrero de 1975. Acta de sesión ordinaria).

Esta discusión en la Comisión Técnica de Supervisión es un reflejo de que el proyecto del SDP se puso en marcha y llegó a su culminación sin contar con una visión bien determinada de las implicaciones ambientales del mismo y de sus soluciones.

5.10.4 El desequilibrio hidrológico en relación al Sistema de Drenaje Profundo

El SDP implicó un conjunto de complejas decisiones a nivel gubernamental. No solamente por el volumen de recursos financieros, materiales y humanos dedicados al mismo, sino por el impacto en el sistema hidrológico en la Cuenca del Valle de México.

El sistema del Gran Canal estableció el mecanismo definitivo para la desecación del lago del Texcoco, mientras que el SDP se constituyó como una infraestructura que desviaría el agua lejos de la región lacustre, disminuyendo de manera significativa la viabilidad del aprovechamiento del agua dentro de la misma cuenca. En otras palabras, el SDP implicó una solución de corte más radical en el desalojo de aguas residuales de la cuenca. Se trató, pues, de un medio que sentaba un gran precedente para la hidrología a nivel regional.

En la Memoria del Sistema de Drenaje Profundo el especialista José Wolfer (1976) reflexionó sobre el ciclo hidrológico al presentar una descripción geográfica de la Cuenca del Valle de México. Wolfer atribuía a dos factores el fenómeno de desequilibrio hidrológico en la cuenca: por una parte los aspectos naturales y por otra las consecuencias de los asentamientos humanos. El autor consideraba que el proceso de desecación de los lagos en la Cuenca del Valle de México se había iniciado por causas naturales y que los seres humanos lo aceleraron con el poblamiento y urbanización de los asentamientos en la cuenca. Consideraba que el proceso era difícil de revertirse en tanto que el agotamiento de los bosques y la pavimentación que trajo consigo la urbanización había modificado de manera radical las condiciones hidrológicas de la región. Las ideas de Wolfer fueron críticas en el sentido de reconocer la problemática del desorden hidrológico en la cuenca, pero localizó el origen de este fenómeno en los

procesos de urbanización y crecimiento poblacional, y no necesariamente en las políticas orientadas a la desecación lacustre.

Resulta de particular importancia analizar la visión del ingeniero Raúl Ochoa sobre el tema del desequilibrio hidrológico. En la *Memoria del Sistema de Drenaje Profundo*, Ochoa (1976) publicó un texto titulado "Problemas interdependientes". En ese trabajo Ochoa señala que durante la década de los años de 1960 la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México evaluó la pertinencia de utilizar las aguas del drenaje para el riego en la misma cuenca, pero encontró que no era una idea factible en términos económicos.

Ochoa señaló que el uso del agua de desecho de la cuenca sería más rentable fuera de la misma, considerando las costosas infraestructuras necesarias para el bombeo, con la finalidad de utilizar el agua dentro de la región en relación al sistema de irrigación que funcionaría por gravedad en el estado de Hidalgo, además de la rentabilidad de los usos industriales y de servicios frente al uso agrícola del agua en la Cuenca del Valle de México. Ochoa reconoció las apremiantes necesidades sociales y productivas del Valle del Mezquital (Tula) en el estado de Hidalgo y sus ventajas en términos de la productividad de la tierra en aquella región, en comparación con la Cuenca del Valle de México.

El punto de vista de Ochoa queda bien ilustrado en la siguiente cita:

Cuando no existían las obras de desagüe, las pérdidas por evaporación y evapotranspiración en los lagos y en el terreno saturado del valle, era de más del doble de lo que actualmente se expulsa por los túneles de Tequisquiac, además de lo que se pierde por evaporación y evapotranspiración en las mismas áreas. Esto se debe a que el desecar los lagos y descender el nivel freático, las pérdidas se redujeron notablemente, demostrándose con ello que no se ha roto el mal llamado equilibrio hidrológico sino que más bien las demandas de agua se han incrementado considerablemente. (Ochoa, 1976: 10)

Hay que señalar dos cosas con respecto al comentario de Ochoa. El ingeniero niega el desequilibrio hidrológico al argumentar que la cantidad de agua que no se quedaba naturalmente en la cuenca por la evaporación y la evapotranspiración haría utilizable esa agua fuera de la misma cuenca con el funcionamiento del SDP. Ochoa no

distinguió que los requerimientos productivos implicaban cierto grado de desequilibrio artificial y, por otra parte, las pérdidas por evaporación y evapotranspiración en el ciclo hidrológico natural tendrían que darse por descontadas, aunque su cálculo era esencial para determinar los volúmenes de agua aprovechables y la cantidad de agua que se infiltraba de manera natural en el subsuelo de la cuenca.

La otra cuestión que Ochoa no planteó es que la demanda de agua de la propia Cuenca del Valle de México tenía una tendencia al crecimiento y que el SDP no contribuía a atenuar esa situación deficitaria.

El SDP no sólo promovía la expulsión en gran escala del agua fuera de la cuenca, lo cual acentuaba las tendencias del desequilibrio artificial en la misma, sino que promovía un uso poco eficiente de enormes volúmenes de agua de origen pluvial.

Un factor relevante en la definición del SDP fue la aplicación de la tecnología para la excavación de túneles, práctica que venía realizándose desde los años treinta y que a finales de la década de los sesenta estaba en condiciones de convertirse en uno de los principales medios tecnológicos para el desarrollo de la infraestructura para el drenaje.

Durante el siglo XX se realizaron importantes avances en el conocimiento científico de la hidrología de la Cuenca del Valle de México. Uno de esos avances fue la explicación del fenómeno de hundimiento. Otro fue el descubrimiento y debate sobre el desequilibrio hidrológico de la cuenca. Ambos fenómenos se encuentran relacionados y su solución implicaba desarrollar una visión integral de los problemas hidrológicos del territorio.

Los aportes del desarrollo científico mexicano no fueron menores, pero insuficientes para incidir en la configuración de las políticas públicas sobre el agua en la Ciudad de México y su Zona Metropolitana.

El debate sobre el desequilibrio hidrológico de la cuenca no tuvo una influencia relevante en el proyecto del SDP. ¿Por qué un tema de tanta trascendencia no tuvo mayor eco entre los responsables de la dirección del proyecto? Una de las principales razones eran las ventajas económicas del aprovechamiento productivo del agua en el valle de Tula, frente a las limitaciones que este aprovechamiento tendría dentro de la

Cuenca del Valle de México. Un segundo argumento para el SDP se refiere al tema del hundimiento del suelo de la ciudad. En la medida en que ese problema continuaba presente, la rehabilitación del sistema del Gran Canal perdía viabilidad, debido a que se requeriría mayor energía para bombear el agua al nivel requerido para su expulsión.

5.11 La posibilidad de restauración del sistema lacustre: el proyecto del lago Texcoco

Durante la década de los años cincuenta y sesenta se gestaron una serie de propuestas para las políticas hidráulicas aplicadas al abasto y drenaje del agua en la Cuenca del Valle de México. Uno de los ejemplos más elocuentes en ese sentido fue el proyecto “Lago de Texcoco”. Esa iniciativa fue impulsada por un conjunto de especialistas encabezados por el Dr. Nabor Carrillo, quien en julio de 1965 propuso al gobierno del país la realización de estudios sobre el agua subterránea y el análisis de las características del subsuelo de la región que había ocupado el lago de Texcoco, con la finalidad de analizar la conveniencia de restablecer un sistema lacustre en el sitio, como lo señalan Hiriart y Graue (1969). Con diferentes ideas, el proyecto tenía el propósito de rehabilitar el lago de Texcoco para constituirlo en un medio de tratamiento y almacenamiento de agua para la cuenca. Los estudios se desarrollaron entre los años de 1966 a 1968.

Uno de los principales objetivos en la visión de Carrillo era lograr el tratamiento del agua subterránea, con la finalidad de mejorar el aprovechamiento de los recursos hídricos de la cuenca así como indagar las posibilidades de generación de energía eléctrica.

A cargo del proyecto se nombró a Roberto Graue y como vocal ejecutivo al ingeniero Fernando Hiriart, que entonces se desempeñaba como Subdirector general de la Comisión Federal de Electricidad. Contaban con la asesoría de Arthur Casagrande, L. Casagrande, Raúl Marsal y Manuel Álvarez. También se nombró un Comité Técnico, presidido por Mario Ramón Beteta, Luis Soto Ortiz como secretario y el Dr. Nabor Carrillo como vocal ejecutivo. En su etapa de estudio, el proyecto tuvo un

presupuesto de 12.5 millones de pesos y se terminó ejerciendo una cantidad de 15 millones.

La región en el lecho del Lago de Texcoco en la que se propuso intervenir tuvo una extensión de 170 km². Los estudios comprendieron una diversidad de análisis a partir de la recopilación de datos, como la prospección sísmica del subsuelo y la estratigrafía, pero sobre todo se enfocaron a la realización de pruebas sobre los métodos más convenientes para la recuperación de los lagos. De acuerdo con Hiriart y Graue (1969) las conclusiones generales de los estudios se establecieron como se lee a continuación:

Con base en 1) el inventario de escurrimientos que concurren al Lago, 2) la disponibilidad de aguas negras procedentes de la Ciudad de México y áreas urbanas satélites, 3) la explotación de acuíferos en la Zona oriente del Lago que se destina a riego, y 4) la extracción de agua salada de las capas arcillosas del subsuelo, por una parte y por otra, el análisis de costos, Proyecto Texcoco elaboró un plan tentativo de obras para construir la infraestructura de la Zona Federal del Lago y dotar a la futura megalópolis de los medios necesarios para regular los escurrimientos superficiales del Valle y aprovechar del modo más eficiente sus recursos hídricos. Los lineamientos generales de este plan comprenden el desarrollo de lagos con capacidad de 150 millones de m³, interconectados con canales; la construcción de plantas de tratamiento de aguas negras, para usarlas en riego e intercambiarlas por aguas naturales; el bombeo intensivo de aguas saladas para crear los lagos antes citados, coordinado con el empleo de sales en la industria del álcali; la construcción de caminos, de barreras contra vientos a lo largo de los canales y de zonas de recreo; y la planeación de las áreas urbanas, industriales y de reserva. El Plan es autofinanciable teniendo en cuenta la venta de agua para uso doméstico, las sales para la industria del álcali y la plusvalía de los terrenos habitables (Hiriart y Graue, 1969: 163).

En las imágenes presentadas a continuación, tomadas de la publicación *Nabor Carrillo. El hundimiento de la Ciudad de México y el Proyecto Texcoco*, es posible ver una muestra de la reactivación de la región lacustre en el marco de la realización de los estudios (ver ilustración 41).

Ilustración 41: Zonas de dragado y bombeo y de los lagos generados en el proceso de estudio del Proyecto Lago Texcoco.



Fuente: SHCP (1969) Nabor Carrillo. El hundimiento de la Ciudad de México y el Proyecto Texcoco.

A pesar de que el proyecto recibió apoyo por parte del gobierno federal, no alcanzó a desarrollarse con la magnitud proyectada. En alguna medida, la

instrumentación del SDP debilitó la perspectiva de una rehabilitación del lago de Texcoco, en razón de que el agua pluvial sería desalojada prioritariamente por aquel sistema. Hiriart y Graue (1969) señalaron que el proyecto podría lograr un volumen de almacenamiento de aproximadamente 150 millones de metros cúbicos de agua. Cruickshank (1995) advierte que en la última década del siglo los lagos desarrollados en el proyecto alcanzaban una capacidad de almacenamiento de alrededor de la tercera parte de la estimada previamente. El ingeniero Cruickshank señala que se optó por limitar el volumen de agua proyectada para almacenarse en función de las pérdidas anuales por evaporación, que restarían viabilidad al proyecto.

En el Plan de Proyecto Texcoco se visualizaba la posibilidad de desarrollar el tratamiento de aguas negras en la región. Con la construcción del SDP y con el interés de aprovechar las aguas negras fuera de la cuenca, la idea de realizar ese proceso en el interior de la misma recibió menor interés. Aunque en el Proyecto Texcoco se contempla el tratamiento de agua residual, la magnitud de su resultado fue mucho menor que el considerado en el proyecto desarrollado en la década de los años 1960.

5.12 La generación del conocimiento sobre la gestión hidrológica de la cuenca y la transformación del sistema lacustre en el siglo XX

En este capítulo se han examinado los avances que los expertos tuvieron a mediados del siglo XX con respecto a la comprensión de dos fenómenos: el hundimiento del suelo de la ciudad y el desequilibrio hidrológico de la cuenca.

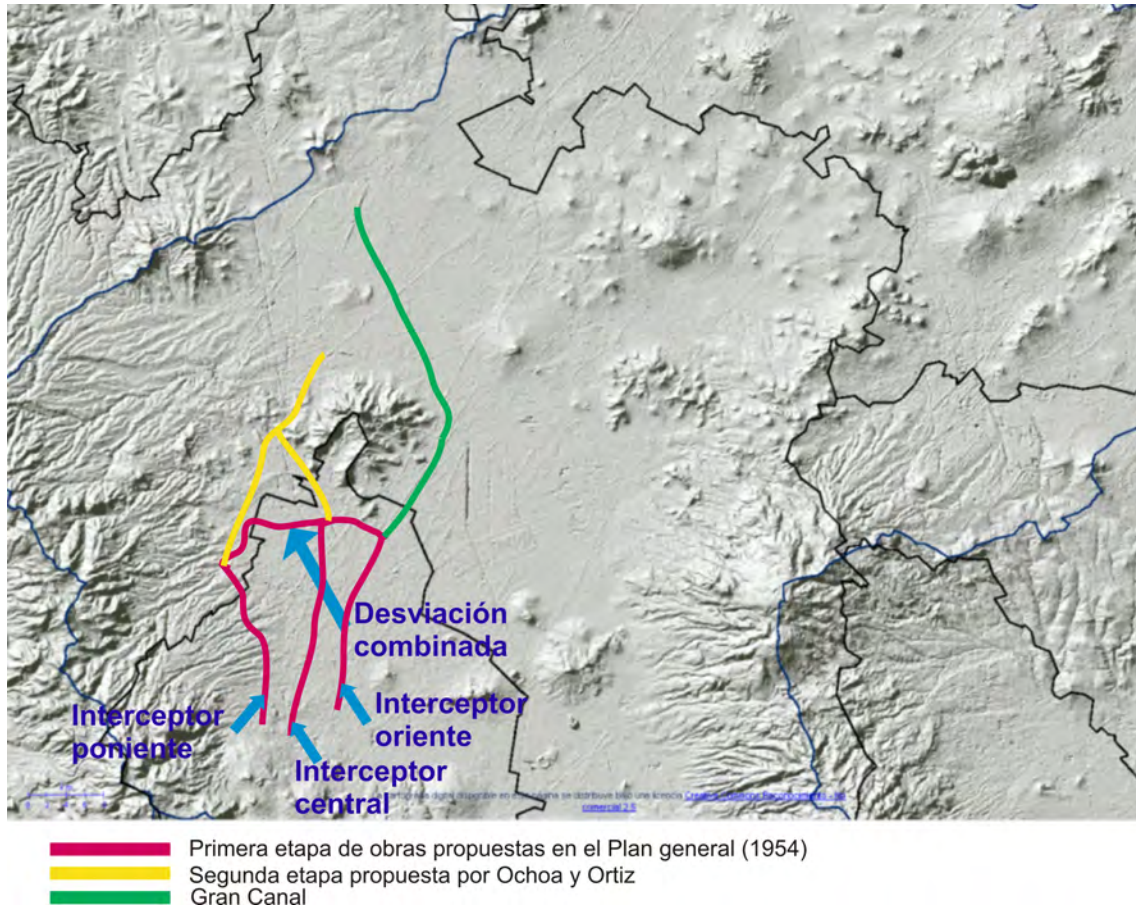
Posteriormente se realizó un contraste de esos avances en el conocimiento de los problemas de la cuenca con tres documentos que son piezas necesarias para entender la evolución de las ideas con respecto a la gestión de los recursos hídricos en el período analizado: el *Plan general para resolver los problemas de hundimiento, las inundaciones y el abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México* de la D.G.O.H., el artículo "Drenaje de la Ciudad de México, sus problemas y su solución" y parcialmente el texto titulado "Nabor Carrillo. El hundimiento de la Ciudad de México y el Proyecto Texcoco".

Los aportes realizados por la ciencia a la comprensión del hundimiento del suelo y el desequilibrio hidrológico fueron significativos en la medida en que permitieron establecer y explicar cómo esos fenómenos estaban vinculados entre sí, además de entender de qué maneras se vinculaban con los temas generales del abasto de agua, del desagüe de la cuenca y del drenaje de la ciudad. Sin embargo, las políticas públicas generadas y aplicadas mediante proyectos específicos reflejaron una síntesis parcial de esos avances científicos, ya que junto a la comprensión de los problemas también se fortalecieron los intereses particulares, económicos y políticos sobre la gestión hidráulica de la región.

En los mapas que se presentan a continuación se puede visualizar el planteamiento sintético de los planes discutidos.

En el primer mapa (ver ilustración 42) se presenta una visión de contraste entre los principales planteamientos expuestos en el *Plan General* (1954) y las recomendaciones realizadas por los ingenieros Ochoa y Ortiz. Entre esos planteamientos media una distancia de diez años de diferencia, aunque como antes vimos la idea del drenaje profundo comenzó a germinar un poco antes de concluir ese lapso. Se puede apreciar la disyuntiva de orientar las obras de habilitación hacia la refuncionalización del Gran Canal o hacia un sistema que buscaría una nueva salida para el desagüe fuera de la cuenca. Este viraje en la orientación de las infraestructuras para la gestión del agua residual y pluvial tuvo que ver con la posibilidad tecnológica de evitar las afectaciones del hundimiento mediante la construcción de túneles a gran profundidad y con la viabilidad económica del uso del agua en la irrigación externa a la cuenca.

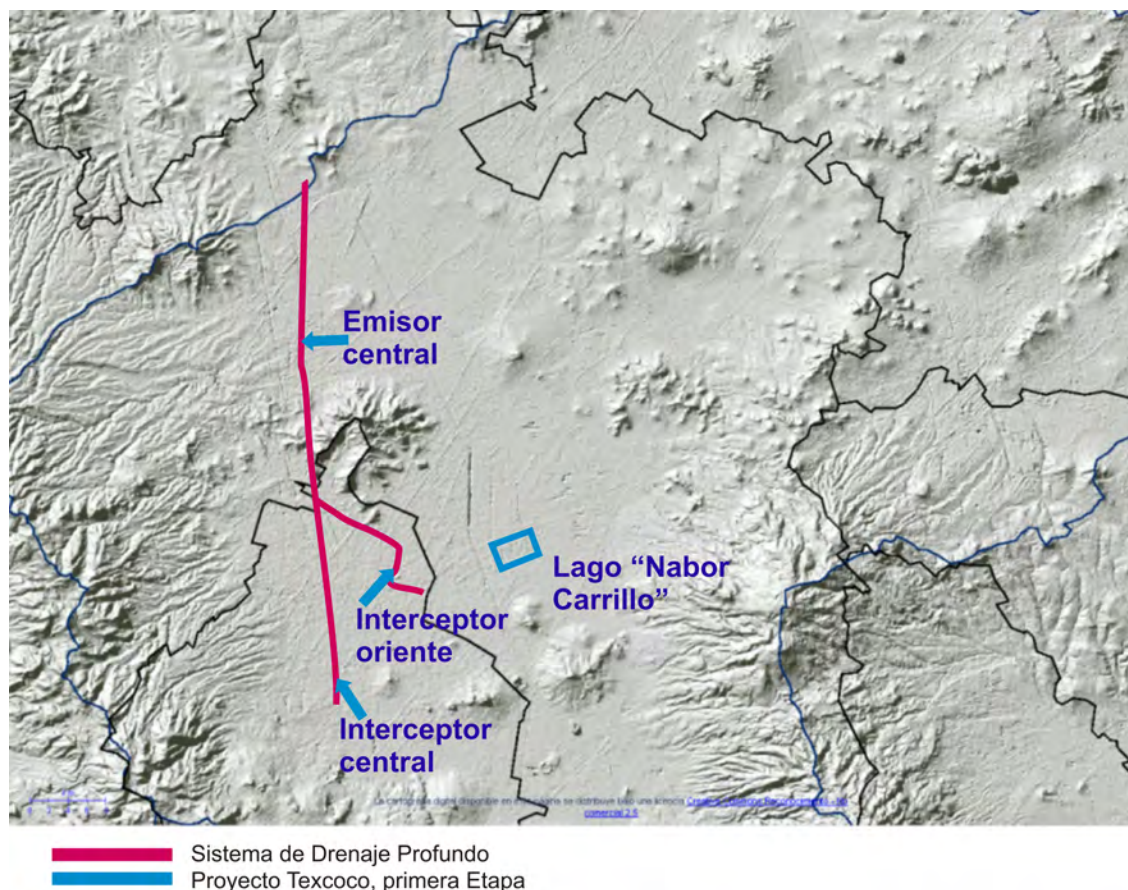
Ilustración 42. La propuesta del Plan general y el cambio de estrategia



Fuente: Elaboración propia

En el siguiente mapa (ver ilustración 43) se presenta otra visión de contraste, en esta ocasión para mostrar un diagrama general del SDP y los alcances iniciales del Proyecto Texcoco. Se muestra por una parte, un plan que se concreta y que plantea un nuevo escenario de la gestión hídrica de la cuenca. Por otro lado, el Proyecto Texcoco queda como una iniciativa limitada en cuanto a los alcances totales de su planteamiento original.

Ilustración 43. El Sistema de Drenaje Profundo



Fuente: Elaboración propia

Dos ideas sobre la gestión hídrica quedan planteadas en estos esquemas, una orientada al uso del desagüe para la irrigación fuera de la cuenca, otra visión orientada a la gestión interna del agua residual con la finalidad de desarrollar su tratamiento y utilización dentro y fuera de la Cuenca del Valle de México.

Entre las consecuencias de la instrumentación del SDP podemos señalar las siguientes:

Desestructuración de la Cuenca del Valle de México como espacio de gestión hídrica, en tanto que los recursos hídricos son utilizados y desechados fuera de la misma. Sobre todo hay que destacar que el carácter deficitario de la cuenca en cuanto a agua se iría acentuando conforme la expansión demográfica y urbana continuasen.

Flujo lineal del aprovechamiento de recursos hídricos. La noción del reciclaje del agua mediante el tratamiento será atendida de manera parcial e insuficiente en cuanto a las demandas del recurso hídrico.

Persistencia del hundimiento y del desequilibrio hidrológico. Hubo un momento, a principios de la década de los años cincuenta, en que algunas de los objetivos de la gestión hídrica tuvieron el propósito de limitar el hundimiento de la ciudad y sus afectaciones. Visiones como la planteada por Nabor Carrillo fueron enfáticas en esa dirección. En los planteamientos de Carrillo el desequilibrio y el hundimiento estaban interrelacionados y su atención merecía una perspectiva integral. El SDP atendió, de manera más urgente, el problema grave de la amenaza de inundaciones, pero la investigación científica de la cuenca ya había identificado otros fenómenos que hasta el siglo XX no fueron investigados de manera específica.

La investigación sobre el fenómeno del hundimiento de la ciudad, durante la década de los años cuarenta, tuvo una gran relevancia en la comprensión de fenómenos hidrológicos en la cuenca de Valle de México y contribuyó a desarrollar una visión científica integradora de esos fenómenos a nivel regional.

A mediados de siglo XX, tanto el crecimiento demográfico como la expansión urbana, se configuraron como tendencias que afectarían, en el corto y mediano plazos, tanto la disposición de agua para los habitantes como las posibilidades de recarga del acuífero del Valle de México.

El desequilibrio hidrológico de la Cuenca del Valle de México fue un planteamiento de debate que se abordó desde diferentes perspectivas, sobre todo a partir de la década de los años cincuenta del siglo pasado. Este debate contribuyó a generar una conciencia sobre el impacto de las infraestructuras urbanas y sobre el funcionamiento natural de la Cuenca del Valle de México. Además, sentó las bases para el planteamiento de visiones alternativas para la gestión hidráulica de la región.

El proyecto del Sistema de Drenaje Profundo no dio mayor atención a la problemática planteada por el desequilibrio hidrológico de la cuenca. Los expertos que lo estructuraron se condujeron bajo premisas parciales sobre el funcionamiento hidrológico regional. En ese proyecto se privilegiaron argumentos de carácter

económico y tecnológico para favorecer su instrumentación. Una visión integral del proceso de urbanización y el funcionamiento hidrológico de la cuenca constituye una asignatura pendiente para la ciudad.

Anexo al Capítulo 5. El valle que resurgió del drenaje

A.5.1 Introducción

A mediados de la década de los años setenta se puso en marcha la operación del Sistema de Drenaje Profundo (SDP) del Distrito Federal. En la desembocadura de esta obra de infraestructura se planeó la conexión a un sistema de irrigación para una región agrícola ubicada al norte de la capital del país.

¿Cuál fue el origen del planteamiento de utilizar las aguas residuales del Valle de México en un gran sistema de irrigación externo a la cuenca? ¿De qué modo se vinculan estos antecedentes con el proyecto del SDP? Estos dos cuestionamientos son los ejes principales de análisis en este anexo.

A lo largo de la investigación se ha realizado un recorrido por los momentos clave en la gestación de uno de los sistemas de irrigación con aguas residuales más grandes del mundo. De modo particular, examinaremos las circunstancias bajo las cuales este proyecto se integró al proyecto del SDP.

La irrigación en el Valle del Mezquital representa la utilización productiva de las aguas expulsadas de la Cuenca del Valle de México, principalmente durante el siglo XX. No obstante, los antecedentes de esta política datan de la segunda mitad del siglo anterior.

La visión de la irrigación, apoyada con aguas residuales urbanas, implica un enfoque sustancialmente diferente al que se estableció durante el periodo colonial sobre el tema del desagüe del Valle de México. Este es el planteamiento de fondo en la argumentación que se presenta en las líneas siguientes.

La comprensión histórica de la vinculación del sistema de irrigación del Valle del Mezquital con el SDP es relevante en términos del diseño urbano porque sitúa en su justa dimensión los alcances de la infraestructura urbana, esto es, el ámbito regional.

A.5.2 Ubicación y características geográficas del Valle del Mezquital

La región conocida como Valle del Mezquital se encuentra ubicada al norte del Distrito Federal y del Estado de México, en el estado de Hidalgo. Una descripción, de mediados de la década de los años 1960, la presenta Arturo Sotomayor:

Hacia el norte de la Ciudad de México, se halla la planicie de Tula, cuyo extremo meridional dista apenas 60 kilómetros de la Ciudad de México; en su parte nororiental se liga con la planicie de Actopan y ésta a su vez se une con la planicie de Ixmiquilpan. Las tres planicies forman, según la opinión del geólogo Luis Blásquez L., la región conocida con el nombre de valle de Mezquital, comprendido en el Estado de Hidalgo.

Las corrientes de aguas superficiales que tienen importancia en este valle son las siguientes: río Tepeji, Salto, Tlautla y Salado, que son tributarios del río Tula, llamado así desde la confluencia de los ríos Tepeji y Salto.

El río Salto, toma ese nombre a partir de la salida del Tajo de Nochistongo, recibe las aguas de dos ríos importantes que son el de Cuautitlán y el de Tepotzotlán que originalmente pertenecían a la cuenca cerrada de México. (Sotomayor, 1970: 96)

En el siguiente mapa (ver ilustración 44) se puede apreciar la ubicación del Valle del Mezquital en relación con la ubicación del Distrito Federal:

Ilustración 44. Delimitación del Valle del Mezquital



Fuente: *Página web de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.*
[Acceso: 15 de diciembre de 2011]
Disponible en: www.conabio.gob.mx

El Valle del Mezquital se ubica en la cuenca vecina del Valle de México. A esta cuenca hidrológica se le denomina “del río Moctezuma”. La región del Mezquital tiene como rasgo distintivo su carácter seco. En las imágenes, al final de este anexo, se presenta una serie de mapas que nos dan una visión general de las características físicas de este territorio.

De acuerdo con su análisis edafológico, el Valle del Mezquital tiene principalmente un suelo de tipo empobrecido (este suelo ha perdido elementos de coloración como materia orgánica, hierro o arcillas por las características pluviométricas de la región. Ver la Ilustración 46). Alcanza un máximo de 180 días de humedad en el suelo; es decir, sólo la mitad del año (ver la Ilustración 47). La región presenta un máximo de 600 mm de precipitación media anual y temperaturas promedio de los 16 a los 18 grados centígrados (ver las Ilustraciones 48 y 49). La vegetación que predomina es de tipo sabana o arbustiva (ver la Ilustración 50).

A.5.3 Antecedentes de la irrigación en el siglo XIX y principios del XX

El antecedente histórico de la irrigación artificial del Valle del Mezquital se encuentra en la determinación del gobierno de Maximiliano de Habsburgo para utilizar las aguas drenadas desde el Valle de México con fines productivos en la agricultura. El 3 de julio de 1866 se establece esa disposición del gobernante (González Sotelo, 1998).

La determinación se dio en el marco de la generación de proyectos para expulsar las aguas del lago de Texcoco fuera de la Cuenca del Valle de México, como consecuencia inmediata de las inundaciones que afectaron a la capital del país en el año de 1865. Sin embargo, las dificultades políticas y económicas enfrentadas por el gobierno de intervención encabezado por Maximiliano impidieron la ejecución del proyecto de drenaje. En consecuencia, la posibilidad del establecimiento de un sistema de irrigación artificial de gran magnitud en el valle quedaría postergado por varias décadas.

En el año de 1868 se previó la utilización de las aguas expulsadas del Valle de México en la irrigación del Valle del Mezquital:

Para el 1º de marzo de 1868 se desarrolló un cambio ideológico para el uso de las aguas residuales que iban a ser expulsadas por medio de la obra arquitectónica del Gran Canal, debido a que el C. Don Jesús Manzano, ingeniero en jefe de la Sección del Desagüe del Valle de México, informó al Ministro de Fomento que las aguas del desagüe que pasaban por Zumpango regarían el Mezquital, adquiriendo las aguas mayor valor; las obras serían menos costosas y seguras de ejecución y de mayor utilidad fuera del valle (González, 1998: 180).

Años más adelante, en el marco de la ejecución de la obra del desagüe a través del Gran Canal, se dieron orientaciones en el sentido del uso productivo de las aguas desalojadas:

En el mes de julio de 1887 el Sr. Rincón Gallardo, miembro de la Junta del Desagüe del Valle de México, rindió al Sr. Don Jesús Manzano un informe en que daba cuenta del reconocimiento de la mayor parte del terreno que sería regable en el Mezquital, así como también del trayecto que aproximadamente recorrería el canal irrigador principal.

Acompañó a su informe, una lista – en la fuente consultada no se localizó el documento– según la cual recibirían los beneficios 21 pueblos, 14 barrios, 17 haciendas y 15 ranchos, cuyo conjunto representaba una extensión considerable.

Nueve meses después, en informe presentado a la Junta Directiva del Desagüe del Valle de México por el C. Jesús Manzano en el mes de abril de 1888, indicó la superficie de regadío del Mezquital, 77,710 hectáreas, es decir, 21,790 fanegas aproximadamente, además, cuantificó el producto mínimo por arrendamiento que se obtendría de la corriente pluvial, en la cantidad de \$315,000 a \$320,000 anuales (González, 1998: 180).

A mediados del siglo XIX la estructura de la propiedad agraria en el Valle del Mezquital estaba caracterizada por la concentración de tierras en manos de hacendados y rancheros. Patricia Fournier y Lourdes Mondragón (2003) documentan la estructura de la propiedad agraria durante el siglo XVIII y someramente en la primera mitad del siglo XIX. Estas investigadoras señalan que la producción agrícola de las haciendas se destinaba marginalmente al abasto de las zonas mineras de la región. Sus mercados principales eran el local y el de la Ciudad de México.

A finales de siglo XIX el interés en la utilización de las aguas del drenaje había crecido al punto de convertirse en un reclamo de los gobiernos locales:

(...) el 31 de agosto de 1894, las autoridades municipales de Actopan, solicitaron a la Junta Directiva del Desagüe se les concediera el uso, aprovechamiento y usufructo de la corriente pluvial del tajo de Tequisquiac, cuando terminara la construcción del túnel. Un año después, el 30 de octubre de 1895, las autoridades del municipio de Mixquiahuala solicitaron se les concediera también el uso de las aguas del tajo de Tequisquiac. (González, 1998: 180)

A.5.4 La irrigación del Valle del Mezquital en las primeras décadas del siglo XX

En los últimos años del siglo XIX y durante las primeras décadas del siglo XX el proceso de irrigación artificial del Valle del Mezquital avanzó al amparo de la iniciativa de los hacendados y de los gobiernos de los pueblos de la región.

A principios del siglo, estas aguas se utilizaban principalmente para generar energía eléctrica y finalmente para riego, siendo operadas por la Compañía de Luz, Fuerza y Ferrocarril de Pachuca, S.A.

Al darse incremento a la política agraria y de irrigación en nuestro país, el Gobierno Federal adquirió, de esta compañía, todas las obras ejecutadas por la misma, mejorando

y reconstruyendo los vasos de almacenamiento para fines de riego en los terrenos agrícolas del llamado Sistema Nacional de Riego número tres, dependiente de la Comisión Nacional de Irrigación y que actualmente se conoce como Distrito de Riego 03-Tula, dependiente de la Secretaría de Recursos Hidráulicos. (Sotomayor de Zaldo, 1970: 96)

Concurren en el tema de la irrigación del Valle del Mezquital dos situaciones. Por una parte, el uso de las corrientes hidrológicas de la zona y, por otro, la demanda de las aguas provenientes del drenaje de la Cuenca del Valle de México. El proceso estuvo marcado por una serie de conflictos entre comunidades y de los propios pequeños propietarios con los grandes hacendados.

De modo paralelo a esta visión, consistente en incrementar la productividad y modernizar la agricultura, se sumó un evento relevante: la posibilidad de generar energía eléctrica empleando la fuerza del caudal hidráulico. Fue la Compañía Eléctrica e Irrigadora la que primero usufructuó el caudal del desagüe proveniente de Tequixquiac (Peña, 1999).

La inauguración del sistema de drenaje a través del Gran Canal y el túnel de Tequixquiac alentó la demanda de aguas residuales para ser empleadas en la irrigación.

La participación de los hacendados fue importante en el desarrollo de la infraestructura para hacer aprovechable los crecientes recursos hídricos. La construcción de la presa conocida como la Requena, por parte del hacendado José Luis Requena, constituye un referente de la nueva mentalidad para impulsar la actividad agrícola a una mayor escala en esta seca región.

Con el triunfo de los revolucionarios, los pequeños propietarios comenzaron a tener más fuerza para presionar por agua para sus cultivos. No obstante, hacia la década de los años cuarenta del siglo XX aún no se habían constituido en el principal usuario de las aguas residuales del Valle del Mezquital. Los pequeños propietarios empleaban aguas para irrigación proveniente de la presa Requena, mientras que la prioridad la tenía la generación de energía eléctrica con aguas residuales (Peña, 1999).

A.5.5 La irrigación del Valle del Mezquital en el contexto posrevolucionario

En el año de 1931 la superficie irrigada en el valle el Mezquital era de aproximadamente 12 mil hectáreas. En el año de 1970 dicha extensión alcanzaba una superficie de 70 mil hectáreas de riego (Peña, 1999). Esto significó un aumento de 483% en el territorio irrigado, y el principal factor para explicar este incremento fue el uso productivo de las aguas drenadas desde el Valle de México.

El proceso de irrigación artificial es un fenómeno histórico de gran magnitud en el siglo XX, quizá sólo comparable al proceso de desarrollo de las técnicas agrícolas precolombinas. Este proceso fue una consecuencia del establecimiento del nuevo régimen político a nivel nacional, sobre todo a partir de la década de los años treinta (Orive, 1970). El objetivo general de esta política consistió en llevar agua desde las cuencas con recursos hídricos hacia las cuencas sin recursos hídricos. El caso del Valle del Mezquital tiene un carácter especial por tratarse de aguas de desecho y pluviales.

En el año de 1924 se suprimió la Dirección de Irrigación, por razones de economía, quedando sus atribuciones notablemente reducidas y a cargo de un departamento de la entonces Dirección de Aguas, denominado Departamento de Reglamentación e Irrigación, que funcionó durante los años de 1924 y 1925.

Las labores de este departamento, no obstante lo raquítico de su presupuesto, tuvieron gran importancia porque prácticamente dieron las bases para la creación de la Comisión Nacional de Irrigación. Se perfilaron con líneas firmes operaciones de tanto interés como la adquisición por el Gobierno federal de parte de lo que constituye el Distrito de Riego de Tula, en Hidalgo, [...] (Orive, 1970: 62-63).

Ahora bien, este proceso no fue homogéneo a lo largo y ancho de la República Mexicana, debido a las diferencias geográficas regionales y a las diferencias políticas en la relación del gobierno federal con las entidades federativas locales.

Los ejidatarios y pequeños propietarios del Valle del Mezquital fueron actores activos a lo largo de los años que van de 1930 a 1970. En el lapso de cuarenta años logran afianzar la visión de la utilidad productiva del uso de las aguas del Valle de México en la árida región del Mezquital. En el año de 1942 lograron un acuerdo con el gobierno del general Manuel Ávila Camacho para garantizar la dotación de aguas negras para irrigación.

La siguiente línea del tiempo, construida con citas de Orive (1970) nos presenta los principales momentos del paulatino *proceso de irrigación* desde los años veinte a los sesenta:

Tabla 12. Principales aspectos del proceso de irrigación en el Valle del Mezquital

1926-1930	1941-1946	1947-1951	1959-1960	1965-1966
<p>La adaptación y ampliación de las obras de riego de Tula, Hgo., en que la obra principal en esa época era la presa Requena, construida de 1912-1922 por una empresa privada, para llegar a regar con las obras una vez terminadas 33,800 ha.</p> <p>Para fines de 1928 se había obtenido ya como primer fruto la incipiente obra de irrigación, una superficie de 2000 ha, puesta bajo riego moderno en Tula, Hgo. (Orive, 1970: 73)</p>	<p>Hidalgo. Distrito de riego de Ixmiquilpan, para 3,600 ha la parte del proyecto correspondiente a la presa de derivación y canal con sus túneles y secundarios, iniciada en el sexenio anterior, se terminó en este sexenio. (Orive, 1970: 89)</p>	<p>Hidalgo Presa Endó, en el río Tula, para riego de 5,000 ha. (Orive, 1970: 97)</p>	<p>Proyecto Naucalpan-Zaragoza-Tlanepantla (agua potable y drenaje) (Orive, 1970: 146)</p>	<p>Canal Endó, Hgo. Para beneficiar 15,000 ha.</p>

Fuente: Orive, 1970.

Por otro lado A. Orive hace el siguiente resumen de las *obras de irrigación* para el estado de Hidalgo:

Hidalgo. Distrito de riego de Tula. Empresas privadas habían construido las presas de Taxhimay y Requena. Al hacerse cargo de ellas en 1926, la Comisión Nacional de Irrigación las sobre elevó y, entre 1947 y 1951, la Secretaría de Recursos Hidráulicos construyó una nueva presa, la de Endó. Con estas obras y con bombeo de las

corrientes, mediante la respectiva red de canales mejorados y nuevos construidos hasta 1966, se pueden regar 43,047 ha.

Hidalgo. Distrito de riego de Metztitlán. Las obras, realizadas de 1930 a 1935, tienen por objeto controlar el nivel de las aguas de la laguna que formó el río de Metztitlán al ser obstruido su cauce por el desgajamiento de un cerro que formó una represa natural. Se benefician 5,700 ha.

Hidalgo. Distrito de Riego de Ixmiquilpan. Construido de 1938 a 1946. Mediante una presa de derivación, dos túneles y un canal de conducción, se aprovechan las aguas del río Tula para el riego de 3,942 ha.

Hidalgo. Distrito de Riego de Tulancingo. Mediante la presa la Esperanza, construida de 1941 a 1946 y la derivación de aguas negras hechas en el último decenio, se riegan 1,697 ha.(Orive, 1970: 199)

Los funcionarios públicos del gobierno federal a cargo de la gestión del agua encontraron en el Valle del Mezquital un espacio idóneo para la extensión de la irrigación con un planteamiento alternativo al del uso de agua limpia, a la vez que se atendía a una región de clima que ofrece condiciones adversas a la productividad agrícola y con una creciente conflictividad social:

Así, del proyecto particular para utilizar una corriente, con que se inició la política hidráulica en 1926, se pasó, veintiun años más tarde, al aprovechamiento integral por cuencas y ahora, también veintiun años después, se ha establecido el concepto del plan regional que sin detrimento de las anteriores actividades, permite el aprovechamiento conjunto de los recursos de varias cuencas, ampliando el horizonte para el desarrollo de México. Esto constituye evidentemente un gran adelanto (Orive, 1970, p.146).

Es decir, la irrigación del Mezquital se convierte en un factor para la gobernabilidad de una región del centro del país.

Ahora bien, el saldo de esta intervención en el medio social del Mezquital no fue del todo positivo. El sector marginado del reparto de tierras y del acceso al agua de riego fue la comunidad indígena otomí.

Por otro lado, las prácticas agrícolas en el Valle del Mezquital no fueron las más adecuadas, en términos de la salud, para el trabajo con agua de desecho en el riego, debido a la incompatibilidad de los hábitos de cultivo tradicionales y el empleo de este tipo de aguas.

A.5.6 El impacto de la irrigación de gran escala en el Valle del Mezquital

Los dos principales efectos técnicos de la irrigación en el Valle del Mezquital con aguas residuales del Sistema de Drenaje Profundo fueron el incremento de la productividad agrícola y la incorporación de miles de hectáreas a la actividad productiva.

Tabla 13. Irrigación en el Valle del Mezquital

Año	Superficie irrigada
1931	12 mil ha
1970	70 mil ha
1990	90 mil ha

Fuente: Peña, 1999.

Francisco Peña advierte que el suministro de aguas residuales va a establecer una relación estructural con la extensión del área irrigada: a mayor volumen de aguas residuales, mayor extensión de superficie irrigada. Por otro lado, la posibilidad de incrementar drásticamente el suministro de agua para irrigación abre la necesidad de mejorar la infraestructura, que a principios de los años sesenta presentaba grandes deficiencias de aprovechamiento, tanto en canales como en presas. Así lo revela el informe del ingeniero Pablo Bristrain, “Posibilidades de abastecimiento de aguas en el Valle del Mezquital”, de mayo de 1961.

El impacto no se queda en el ámbito productivo. Como se ha comentado, el activismo social de pequeños propietarios y ejidatarios fue un factor para que la demanda de agua encontrara un cauce y se hiciera efectiva. De este modo se estructuró una relación clientelar entre el gobierno federal y el movimiento campesino local, en el contexto de la consolidación del sistema de político dominante a lo largo del siglo XX.

A.5.7 La irrigación del Valle del Mezquital como fin del proyecto del Sistema de Drenaje Profundo

Dos antecedentes inmediatos del planteamiento de la irrigación del Valle del Mezquital a través del SDP fue la construcción de la presa Endó y la expansión de la figura de la tenencia ejidal de la tierra en el valle. Estos dos mecanismos, el desarrollo de la infraestructura y la vigencia de una figura legal agraria, serán factores sin los cuales no se podría explicar el fenómeno de la irrigación en gran escala a partir de las aguas de desecho.

El planteamiento del aprovechamiento productivo de las aguas drenadas del Valle de México es un producto original del México independiente del siglo XIX, pero más enfáticamente, de la visión de modernización que caracterizó al Estado mexicano durante el siglo XX. Si bien, durante la etapa colonial surgen y se desarrollan los primeros intentos para realizar la empresa de la expulsión del agua de los lagos fuera de la Cuenca del Valle de México, la idea del aprovechamiento productivo de esa agua, en cambio, es una idea que fue cobrando fuerza con el correr del tiempo.

El contexto de este cambio en la visión del aprovechamiento del agua está relacionado con el crecimiento demográfico de la capital del país, la necesidad de incrementar la productividad de la actividad agrícola y de generación de un mercado regional de productos agrícolas más vigoroso.

El factor de la productividad agrícola será determinante para justificar el destino de las aguas conducidas por el Sistema de Drenaje Profundo. La argumentación en ese sentido es vehemente por parte del ingeniero Raúl Ochoa, uno de los promotores de este proyecto. Ochoa argumenta que frente a la alternativa del aprovechamiento de las aguas del drenaje capitalino en la producción agrícola dentro de la misma cuenca, la productividad agrícola en el Valle del Mezquital es mucho mayor:

Hace tiempo, la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México comparó este proyecto con otros dos casos analizados por la propia Comisión y que en realidad son los mismos estudiados por el Departamento, solo complementados con las obras necesarias para el plan de aprovechamiento para el riego. Después de comparar los tres casos, la Comisión dictaminó que el proyecto del Departamento del Distrito Federal era

el más conveniente (Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México. Publicación No. 6, 1962). Pero posteriormente la misma Comisión, con el criterio de no dar salida a las aguas de la cuenca, realizó un estudio (Publicación No. 242 CHCVM, México, 1964), en el que analiza una vez más en forma comparativa dos nuevos casos por bombeo con los cuales se pretende resolver el problema de las inundaciones y al mismo tiempo, utilizar las aguas negras y pluviales para regar tierras dentro del Valle de México. No resulta económico regularizar el caudal que se concentra en los conductos ni disponer de grandes plantas de bombeo sin tener el emisor que les de salida, cuando las precipitaciones llegan a su máximo.

En diversos estudios anteriores ha quedado demostrado que el riego de tierras agrícolas dentro del valle resulta muy costoso. Por esto debe considerársele como un subproducto de características muy secundarias, tanto desde el punto de vista económico, como desde el punto de vista social. Además debe tenerse muy en cuenta lo siguiente: (Memoria técnica del Emisor Central y de los interceptores profundos. DDF):

1. Cuando no existían las obras de desagüe, las pérdidas por evaporación y evapotranspiración en los lagos y en el terreno saturado del valle, era de más del doble de lo que actualmente se expulsa por lo túneles de Tequisquiac, además de lo que se pierde por evaporación y evapotranspiración en las mismas áreas. Esto se debe a que el desecar los lagos y descender el nivel freático, las pérdidas se redujeron notablemente, demostrándose con ello que no se ha roto el mal llamado equilibrio hidrológico sino que más bien las demandas de agua se han incrementado considerablemente.

2. La producción agrícola actual de la cuenca está marginada con respecto al producto nacional ya que apenas representa el 0.2% de su valor y aún por lo que se refiere al producto generado en la cuenca, sólo llega al 0.4%. Sin embargo, para obtener esta fracción tan insignificante del producto nacional, se requiere desviar hacia los usos agrícolas dentro de la cuenca grandes volúmenes de agua con costos elevados, en detrimento de la producción industrial y de los servicios para la población más importante de la República. Esta población representa el 17% de la población total del país y genera el 39% del producto nacional bruto, que comprende el 52% de la producción de la industria nacional y el 45% de la producción nacional en el sector de los servicios (datos de 1962).

3. Se estima que son equivalentes los volúmenes de agua utilizados, por una parte en la agricultura del Valle de México, y por la otra en la industria y en los servicios. Por esta razón tomando en cuenta la participación de estos sectores en el producto nacional bruto, resulta que el rendimiento económico del agua en el sector industrial y en el de servicios, en esta zona es 250 veces mayor que en el agrícola. Por otra parte, el agua utilizada en la industria y en los servicios no se pierde íntegramente, ya que se obtiene un retorno de la misma del 80% que puede ser aprovechado en otros sectores, entre ellos el agrícola. En cambio, en la agricultura se consume el 80% del agua con un retorno de sólo 20%, lo que aumenta varias veces más la diferencia del costo del agua entre los sectores citados. Además, la utilización del agua para el riego en la cuenca requiere bombeo y esto eleva los costos de la producción agrícola a cerca de 300 pesos por hectárea. En cambio, en el Valle del Mezquital y en las planicies del Golfo de México se podría aprovechar esta misma agua por gravedad, con el consiguiente abaratamiento de los mismos cultivos.

4. Al dejar de obtenerse productos agrícolas en el Valle de México, no debe temerse los déficit en los abastecimientos de estos artículos, ya que el 99% de los productos agrícolas que se consumen en la cuenca no se producen ahí mismo.

5. El volumen actual de las aguas expulsadas por las obras del desagüe sería suficiente para poner en explotación bajo riego, en el Valle del Mezquital, una superficie de 60,000 ha de tierras de mejor calidad que las del Valle de México. De esta manera se ayudaría a resolver parte de los graves problemas económicos y sociales que han afectado tradicionalmente a las comunidades que habitan en aquella zona.
6. El proyecto de interceptores para el nuevo sistema de drenaje se realizará con todas las características y dispositivos necesarios para controlar el manejo de los desagües al exterior total y debidamente, y para continuar suministrando el agua, satisfaciendo todas las demandas de riego dentro de la cuenca (Ochoa, 1975: 10).

El ingeniero Ochoa hace una argumentación económica frente a la alternativa de emplear el agua del Valle de México en la misma cuenca. Es claro que prevalece un enfoque en el que impera un objetivo de gestión regional y que las consideraciones sociales de alcance local son supeditadas a ese enfoque. De ese modo se consolida la estructuración de la relación ciudad-medio rural, en la que se entretajan factores políticos y económicos, que en gran medida benefician a determinados grupos sociales. Sin embargo, esta forma de gestión alienta también un sistema de interacciones campo-ciudad cada vez más complejo, con crecientes requerimientos en los ámbitos social, económico y ambiental, así como altamente vulnerable a la dinámica de crecimiento demográfico y urbano.

A.5.8 Conclusión: la relación orgánica de la gran urbe con el valle agrícola

La relación entre el espacio urbano y el medio rural es un fenómeno de gran valor histórico. Se trata de una relación dinámica en la que se pueden distinguir diferentes ejes de análisis. Uno de estos ejes es la historia ambiental. Para el caso que ocupa esta investigación el tema es sumamente relevante. A finales del siglo XIX el Valle del Mezquital y el Valle de México estrechan sus destinos y los mecanismos sociales y productivos que se desarrollan a partir de entonces van a tener repercusiones cada vez más profundas en sus ambientes respectivos.

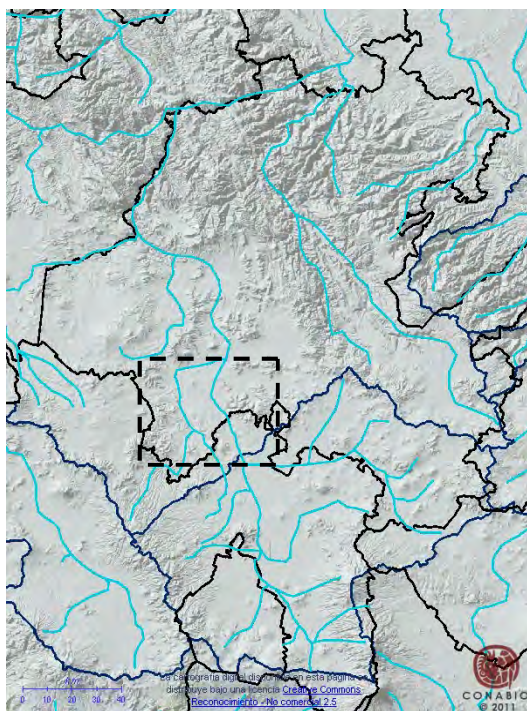
Un segundo campo temático es el origen y desarrollo de las ideas que motivan y acompañan, a lo largo de la historia, las relaciones entre los actores sociales de las dos regiones.

Por otro lado, el fenómeno de la expansión urbana (característico del siglo XX) no puede desvincularse de las interacciones políticas, económicas, tecnológicas y ambientales con su entorno rural. En el caso específico de esta investigación se ha corroborado que la irrigación del Valle del Mezquital ha sido un mecanismo de estructuración entre el medio rural, la creciente Ciudad de México y su Zona Metropolitana. Esta relación se profundizó a lo largo del siglo XX, para convertirse en uno de los ejes de argumentación principales en favor de la instrumentación del Sistema de Drenaje Profundo.

El planteamiento de vinculación productiva de las cuencas hidrológicas vecinas se explica en el marco de dos aspectos relevantes: el activismo de ejidatarios y pequeños propietarios vinculados al partido de Estado, por una parte; y la gestión del agua como un instrumento de gobernabilidad desde una visión federal.

Ilustraciones del anexo

Ilustración 45. Ubicación del Valle del Mezquital en relación a las entidades federativas y las subcuencas hidrológicas regionales

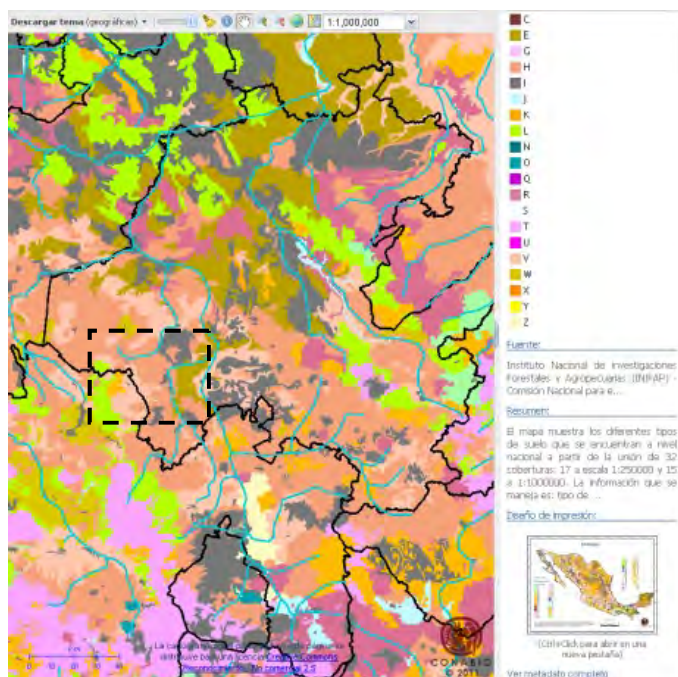


Fuente: *Página web de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.*

[Acceso: 15 de diciembre de 2011]

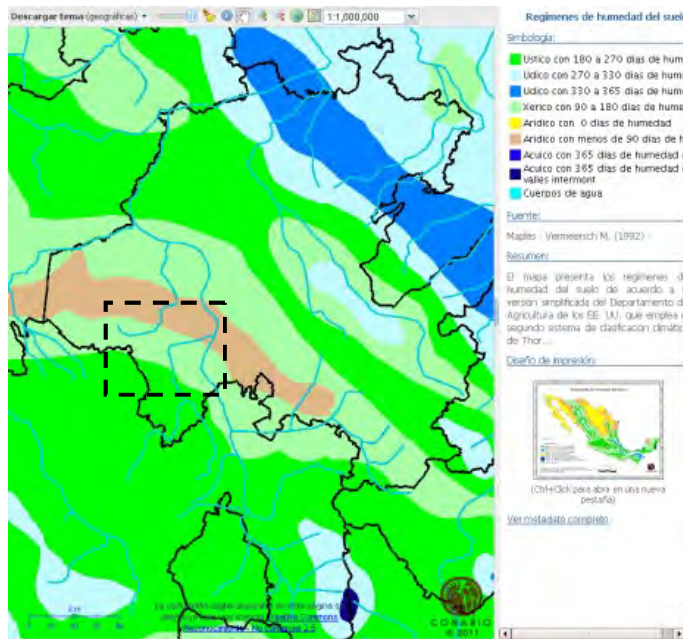
Disponible en: www.conabio.gob.mx

Ilustración 46. Mapa edafológico



Fuente: *Página web de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.*
 [Acceso: 15 de diciembre de 2011]
 Disponible en: www.conabio.gob.mx

Ilustración 47. Régimen de humedad del suelo

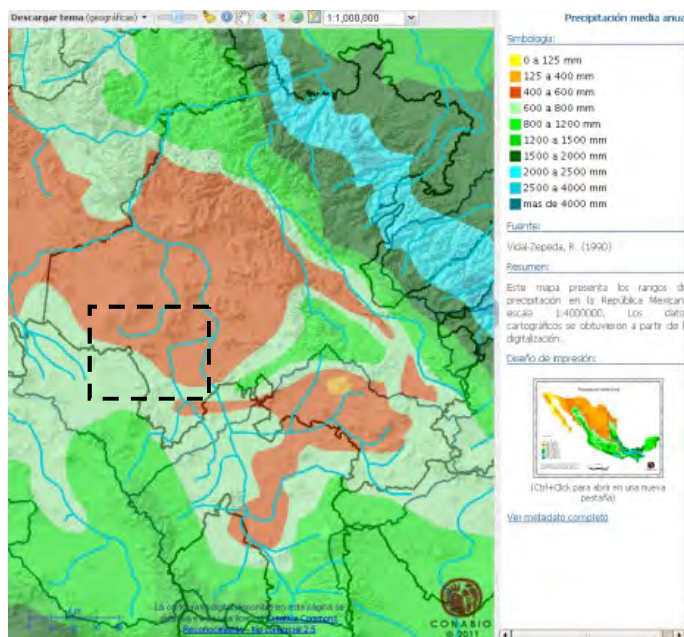


Fuente: *Página web de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.*

[Acceso: 15 de diciembre de 2011]

Disponible en: www.conabio.gob.mx

Ilustración 48. Precipitación media anual

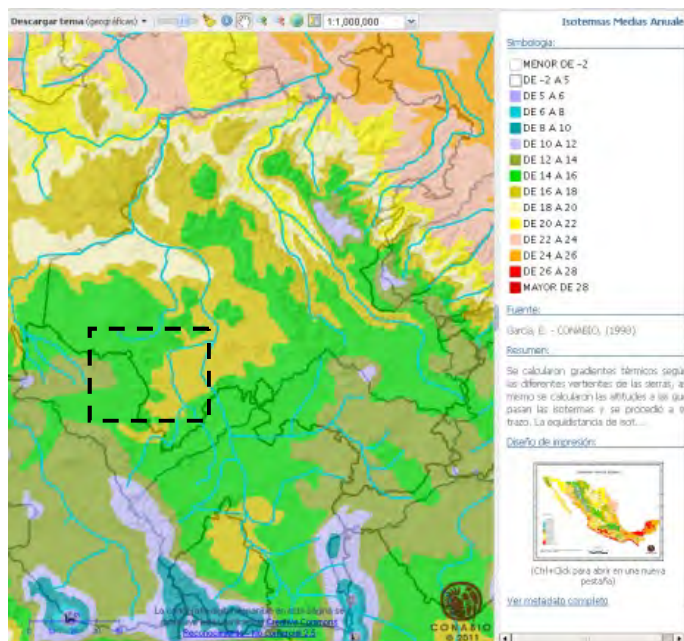


Fuente: *Página web de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.*

[Acceso: 15 de diciembre de 2011]

Disponible en: www.conabio.gob.mx

Ilustración 49. Isotermas medias anuales

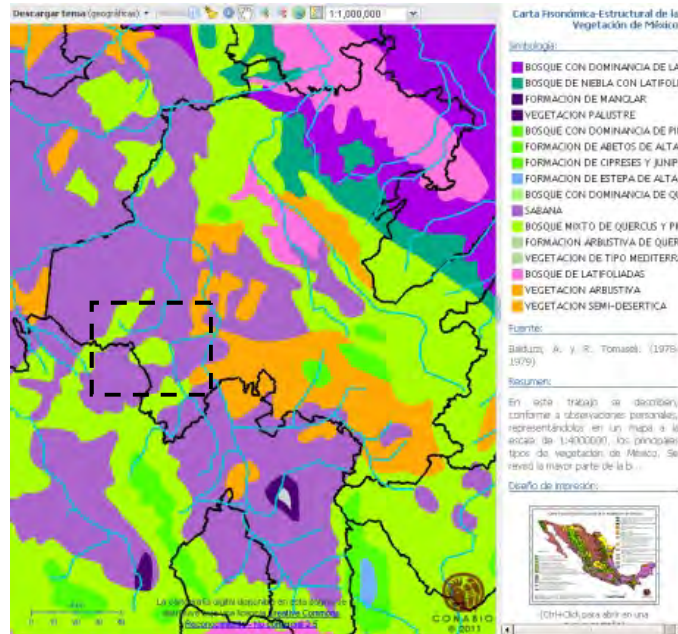


Fuente: *Página web de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.*

[Acceso: 15 de diciembre de 2011]

Disponible en: www.conabio.gob.mx

Ilustración 50. Carta de vegetación



Fuente: *Página web de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.*

[Acceso: 15 de diciembre de 2011]

Disponible en: www.conabio.gob.mx

Capítulo 6. La evolución de las ideas sobre el desagüe de la Cuenca del Valle de México: hacia una construcción histórica de la sustentabilidad urbana (Conclusiones)

6.1 Introducción: los diferentes enfoques sobre el desagüe a lo largo de la historia, la continuidad del proceso histórico

A lo largo de los años que duró el periodo colonial, y más tarde durante los siglos XIX y XX, una diversidad de personas ha expuesto tanto sus ideas en cuanto a las causas de las inundaciones, -cuya amenaza constante se cierne sobre la capital de nuestro país-, como sus diagnósticos sobre el funcionamiento hidráulico de la Cuenca del Valle de México. Entre esas personas se encuentran especialistas provenientes de diferentes campos de conocimiento, aunque especialmente se han estudiado las ideas de los ingenieros y arquitectos.

Tanto los diagnósticos como las propuestas de solución han influido en la formulación de proyectos y en la ejecución de obras, sobre todo en términos del objetivo de desaguar la cuenca mediante canalizaciones y túneles. A principios del siglo XIX Humboldt se expresaba así sobre este aspecto: "Cuando se estudia en los archivos de Méjico la historia de las obras hidráulicas de Nochistongo, se observa una continua irresolución de parte de los gobernantes, y una fluctuación de opiniones é ideas que aumenta el peligro en vez de alejarlo." (Humboldt, 1822: 422).

A la luz de la información generada a lo largo de cuatrocientos años se han encontrado algunos periodos significativos en virtud de las discusiones entonces desarrolladas entre los expertos. Esta investigación se ha enfocado al análisis de tres de esos periodos: de 1607 a 1630, de 1856 a 1880 y de 1950 a 1975. Durante los lapsos referidos concurren tres aspectos importantes, (de modo común a los tres periodos): 1) la presentación de múltiples proyectos para el desagüe de la cuenca; 2) la ejecución de algunas obras de relevante impacto en la región así como 3) un intenso debate entre los expertos y funcionarios gubernamentales acerca de las ideas para gestionar el territorio lacustre de la cuenca. La interacción de estos aspectos ha hecho una significativa contribución al proceso de urbanización ocurrido a lo largo de cientos de años.

Cabe destacar que durante los periodos mencionados el tema del desagüe fue abordado con diferentes perspectivas por parte de los expertos. A continuación se señalan algunos de los aspectos más enfatizados durante los periodos de análisis:

- En los primeros años del siglo XVII se discutió la idea del desagüe general del valle y se logró en la práctica el establecimiento de un primer desagüe parcial. El énfasis de la discusión por parte de los expertos se situó en la posibilidad de realizar un desagüe general y las alternativas de gestión de la hidráulica de la cuenca. Tal debate era resultado de la convicción de mantener a la capital novohispana en el sitio en que se había fundado, -visión compartida por no pocos expertos y autoridades virreinales-, y desarrollar los mecanismos que hicieran de la ciudad un sitio menos vulnerable a las inundaciones (Sala, 1992: 152).
- En la segunda mitad del siglo XIX la mayoría de los expertos reconocía que practicar el desagüe general de los lagos del norte del valle, sobre todo del de Texcoco, era una medida necesaria, pero diferían en los alcances del desagüe y los propósitos del mismo. El común denominador de las ideas y discusiones sobre los proyectos de desagüe se dividía en dos ámbitos de interés. Por una parte, la necesidad de saneamiento ambiental para la ciudad en función de su relación con el lago de Texcoco, y por otro lado, el propósito de desarrollar infraestructuras que favorecieran la productividad económica regional mediante la gestión hidráulica de la cuenca (Garay, 1888; González, 1902; Orozco y Berra, 1862).
- Ya en el siglo XX, en los años cincuenta y sesenta, los expertos reconocían tres fenómenos adicionales en los parámetros de gestión hidráulica de la cuenca: el hundimiento del suelo de la ciudad, el crecimiento poblacional y la expansión urbana. Tras la experiencia de la operación del primer desagüe general (el Gran Canal), sus obras adicionales y sus limitaciones, los expertos reanudaron el debate sobre las políticas y los objetivos de la gestión de la hidráulica de la región. Surgió una política que vinculaba, mediante la operación de costosas infraestructuras, la vinculación de diferentes cuencas en la región central del

país. Con una perspectiva crítica ante esto, algunos expertos buscaron proyectar alternativas cuya finalidad principal perseguía regenerar el equilibrio hidrológico de la Cuenca del Valle de México en relación con los fenómenos antes mencionados (Carrillo, 1952; García, 1950).

Las ideas surgidas en torno del desagüe del Valle de México respondieron a diferentes preguntas formuladas a lo largo de los años. Las cuestiones que motivaron el trabajo de investigación y las propuestas de los expertos han cambiado en el tiempo. Reducir el análisis a la identificación de una o dos ideas que han persistido a lo largo de los siglos sobre la hidráulica de la Cuenca del Valle de México significaría ignorar las transformaciones ambientales permanentes, la instrumentación constante de nuevas infraestructuras y la ineludible renovación de las reflexiones por parte de los expertos. En realidad los enfoques sobre la problemática del desagüe nos describen un paisaje histórico diverso, heterogéneo y en constante transformación.

Sin embargo se ha dado la continuidad del proceso histórico como se advierte a continuación.

-En los tres periodos que hemos analizado se llevó a cabo la generación de propuestas para lograr el desagüe mediante túneles que drenaran la cuenca. Estos tres periodos tuvieron un común denominador: la búsqueda de una solución de carácter tecnológico para el drenaje de una cuenca cerrada.

-Como consecuencia de estas propuestas se generó un intenso debate, de carácter científico, político y económico, sobre su pertinencia y su viabilidad. En los tres periodos tal debate entre los expertos le dio impulso a la generación de conocimiento científico. Las críticas a las propuestas de desagüe generaron una diversidad de otras posibles soluciones cuyos diagnósticos han ido conformando una visión científica de la cuenca a lo largo de la historia. El debate también es un signo de la continuidad del proceso histórico.

-Entre el periodo analizado en el siglo XVII y el período analizado en el siglo XIX hay un eje de continuidad definido por el interés en la higienización del proceso de urbanización.

-Entre los tres periodos analizados (siglos XVII, XIX y XX) hay un eje de continuidad en el aspecto de integración económica regional que orientó las diferentes propuestas de desagüe.

-Los expertos de los tres períodos tuvieron un común denominador en la formulación de sus diagnósticos y propuestas: la viabilidad de la Ciudad de México como urbe en proceso de expansión.

6.2 Sustentabilidad y desagüe

La noción de sustentabilidad es una idea contemporánea. Aquí se utiliza como una categoría que ha sido construida, sobre todo, con los aportes de los expertos del siglo XX, principalmente, y de otros en el pasado. La sustentabilidad responde a una preocupación por el futuro y la viabilidad de la interacción entre los sistemas económico, ambiental y social. En el caso de esta investigación, se ha puesto de manifiesto que esa perspectiva se ha ido construyendo a lo largo del tiempo con las aportaciones de los expertos, funcionarios y habitantes de la Ciudad de México. La preocupación de los especialistas de temas como las inundaciones, el funcionamiento del desagüe, el papel de las lagunas en la hidrología de la cuenca o el hundimiento del suelo en la ciudad tuvieron como trasfondo la viabilidad del hábitat urbano.

En razón de lo anterior la siguiente pregunta constituye el eje de reflexión del presente capítulo: ¿qué nos dicen los diagnósticos científicos generados en torno del desagüe sobre la sustentabilidad de la cuenca y de la Ciudad de México?

La idea del desagüe del Valle de México se consolidó durante las primeras décadas del siglo XVII. En aquellos años la amenaza de las inundaciones y la insuficiencia de las obras de contención definieron el contexto para el debate entre quienes apostaban por el desagüe del valle y quienes optaban por una solución distinta, más orientada a la gestión interna de la región lacustre de la cuenca. Ante la inviabilidad del traslado de la capital novohispana a otro sitio se impuso la necesidad de visualizar

el futuro de la ciudad con la consiguiente superación de sus amenazas hidráulicas. Aquel era el marco ineludible para la reflexión y la formulación de diferentes propuestas:

- Si bien el debate de principios de siglo XVII no consideraba una noción de sustentabilidad, vale la pena exaltar algunas ideas de la época. Recordemos que Enrico Martínez había hecho un diagnóstico en el que los cambios en los factores físico-ambientales (como el nivel del lecho lacustre) se explicaban a partir de las transformaciones regionales motivadas por las técnicas y prácticas productivas de los colonizadores occidentales (Martínez, 1991: 180-181). Por su parte, Adrian Boot estableció una relativa similitud entre las condiciones de la ciudad con su entorno lacustre y la situación de ciudades holandesas. La relación de la ciudad y su contexto regional se encontraba en el centro de la reflexión para algunos expertos en cuanto al diagnóstico de los problemas que motivaban las inundaciones (De Cepeda, 1637, ed. 1980).
- Ya en el siglo XIX el desagüe general goza de un mayor consenso entre los expertos científicos. La discusión no se da en términos de su necesidad sino de su funcionalidad. ¿Qué propósitos debería tener el desagüe del valle? La gran mayoría coincidía sobre las necesidades de higiene y sanidad que motivaban el proyecto del desagüe. Incluso había un consenso sobre la utilidad de un desagüe con funciones económico-productivas. En cuanto a este aspecto se daba un debate pues, por una parte, se buscaba la desecación con la finalidad de la posible explotación económica del terreno liberado, y por otra se veía al desagüe como un mecanismo de gestión para la región lacustre. Los varios proyectos presentados en 1856 por el ingeniero De Garay dan cuenta de estas múltiples búsquedas en torno de la funcionalidad del desagüe, mientras que el proyecto encabezado por Luis Espinosa, años después, constituyó una apuesta por la explotación de los recursos hídricos fuera de la cuenca (González, 1902). Aquellas preocupaciones son una expresión de la atención sobre el futuro de lo urbano y la preocupación por una mejor manera de atenderlo.
- En el siglo XX, tanto el tema de abasto de agua como el tema del desagüe, estuvieron vinculados con el hundimiento del suelo. ¿De qué manera se podría

resolver un sistema de desagüe que no fuera vulnerable al hundimiento? En el marco del constante aumento de la población y de la progresiva extensión de la urbanización, la discusión sobre el desequilibrio hidrológico constituyó un aspecto que, al ser incorporado por parte de algunos expertos, obligó a repensar los objetivos de la política hidráulica para la cuenca. Lo que parecía una solución incuestionable, -la idea del desagüe general-, se tuvo que analizar a la luz de la noción del desequilibrio hidrológico y de la viabilidad urbana futura. En ese sentido el pensamiento y propuestas de Nabor Carrillo se contaron entre las muestras del trabajo de los expertos a favor de una gestión más orientada a explotar de manera viable los recursos de la propia cuenca (Carrillo, 1952).

Una de las consecuencias del debate sobre el desagüe fue la construcción de visiones de futuro para la Ciudad de México. No una sola, sino la integración de una diversidad de visiones en función de preocupaciones y aspectos que fueron relevantes en diferentes momentos a lo largo del tiempo.

Cada etapa de debate sobre las alternativas para el desagüe tuvo un trasfondo que gravitaba en torno de la noción de sustentabilidad para el proceso de urbanización de la cuenca. La mayoría de los expertos exaltaba en sus diagnósticos aquellos aspectos que podrían dar viabilidad a la Ciudad de México como asentamiento urbano en el futuro. Se trata de una noción general de sustentabilidad del proceso de urbanización, en la que los criterios se fueron modificando a lo largo de los siglos, en parte debido a los cambios ambientales provocados por el desarrollo de infraestructuras y en parte motivados por el cambio en las ideas.

6.3 Los conceptos que sintetizan el pensamiento sobre el futuro de lo urbano

En el presente es un lugar común la visión futura de la capital del país como una megalópolis, resultado de los procesos de transformación de la propia ciudad ocurridos a lo largo del siglo XX: la expansión urbana y demográfica, la modernización de las infraestructuras de servicios y el escalamiento del impacto ambiental generado por la

urbe, entre otros. Esto significó no solamente la expansión de la ciudad, sino su conurbación con los municipios pertenecientes al Estado de México y que conforman la Zona Metropolitana de la capital. La megalópolis es una realidad como resultado de la conjunción de procesos demográficos, económicos, políticos y tecnológicos que la han hecho posible. A continuación se señalan, en una relación retrospectiva, algunos de los fenómenos que fueron orientando históricamente el crecimiento de la urbe en relación con nuestro tema:

- La consideración de la *integralidad de operación* de las infraestructuras urbanas adquiere una gran relevancia como criterio de diseño urbano, en la que la ciudad comienza a ser pensada como una unidad en crecimiento. La integralidad es un concepto que se refiere al vínculo del funcionamiento conjunto de las infraestructuras. Por ejemplo, el análisis del sistema de desagüe desarrollado a lo largo del siglo XX no se puede desvincular del desarrollo y operación de un complejo sistema de abastecimiento de agua, apoyado en fuentes externas e internas de la cuenca. Vera Candiani (2014) identifica el origen de la visión integradora con la intervención de los ingenieros militares en las obras del desagüe colonial, a mediados del siglo XVIII.
- Una capital que aspira a la *modernidad, la higiene y la comunicación* de un centro neurálgico del país, es un pensamiento cuyo germen se encuentra en el siglo XIX. Es decir, la noción de modernización impulsada por los expertos y funcionarios de gobierno del siglo antepasado tuvo un calado profundo en la estructuración contemporánea de infraestructuras para el desagüe. Por otro lado, las características de funcionalidad y productividad de las infraestructuras y su articulación con los objetivos modernizadores llevaría a culminar proyectos como el del Gran Canal o el drenaje de la ciudad a finales del siglo XIX.
- Una ciudad desde la que se pudiera ejercer una *capacidad de control* sobre el vastísimo territorio colonial fue una aspiración del virreinato, de gran relevancia histórica. Considerando la activa dinámica en la distribución del poder entre las autoridades virreinales (los eclesiásticos, el cabildo y el virrey) se entiende la atención a la vulnerabilidad de la ciudad frente a los conflictos sociales y a los

fenómenos naturales. El esfuerzo de siglos por mantener la Máquina del desagüe y las múltiples obras y emprendimientos para controlar a la hidrología de la cuenca son expresiones del papel asignado al diseño de las infraestructuras con esa función específica. Hubo desde principios del siglo XVII claros ejemplos de visiones integradoras, como la desarrollada por Enrico Martínez.

Los conceptos-síntesis que se han identificado en los párrafos anteriores dan cuenta de un conjunto de principios que han sido relevantes en la estructuración del pensamiento proyectual sobre los problemas urbanos de la capital de la República Mexicana. En un marco caracterizado por las restricciones financieras, el conflicto social y el lento devenir de la construcción de instituciones, esos conceptos adquirieron contenido sobre todo en la visión de los expertos que se ocuparon del problema.

Los ejes que se proyectan en el tiempo, -la integración de las políticas y proyectos, la modernización supuesta en las obras de higienización, productividad, comunicación, el desarrollo de medios de gestión y control-, sirven como piezas del andamiaje para el análisis de las visiones de ciudad elaboradas por los expertos.

Como principios, los conceptos aludidos son un producto del proceso histórico en la conformación de las infraestructuras del desagüe y, en cuanto tales, se proyectan hacia el futuro de la ciudad y su Zona Metropolitana, para dar cuerpo a una noción prospectiva de la sustentabilidad urbana. Además, son conceptos que nos permiten establecer puentes de enlace en el pensamiento de los expertos de diferentes momentos del pasado.

6.4 Visiones de futuro para de la ciudad

Así como en relación a sus infraestructuras y edificaciones físicas, la noción de ciudad se compone de capas que se superponen en el tiempo. Las ideas sobre la viabilidad de la ciudad a futuro se sobreponen unas a otras, para decantar en una imagen

caleidoscópica de las proyecciones de la ciudad posible. A continuación se revisan algunas de esas propuestas.

- Enrico Martínez se planteó una magna obra de intervención guiado por una visión de ciudad posible, viable para el resguardo de las inundaciones motivadas por los caudales de la hidrología en el norte del valle. Apreció con lucidez el problema del aumento en el nivel del lecho del lago de Texcoco y descubrió en ello los efectos del impacto ambiental de la colonización española. Apoyado en lo anterior vislumbró la necesidad urgente de salvaguardar a la ciudad mediante el desagüe general. De tal magnitud fue el planteamiento de sus ideas y la convicción de la autoridad virreinal que lo respaldó, en su momento, que el proyecto se propagó en el tiempo a lo largo de todo el periodo colonial.
- Las ideas expresadas por el grupo auspiciado por la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística a principios de la década de los años sesenta del siglo XIX, en la *Memoria para la Carta Hidrográfica del Valle de México*, constituyen una síntesis de comprensión global sobre las relaciones del ambiente, la sociedad y la economía regional. A no dudar que se trata de un documento cuyo contenido hoy en día entenderíamos alineado con los planteamientos de la sustentabilidad. En buena medida, el ejercicio de investigación y análisis para la construcción de la *Carta hidrográfica* dio base a una reflexión de lo deseable para la ciudad.
- Nabor Carrillo influenció a toda una generación de ingenieros con su visión de una ciudad más autónoma en cuanto a la gestión de sus recursos hidráulicos y energéticos. Su comprensión de la problemática del hundimiento y la relación con la extracción del agua para el abasto urbano lo llevó a visualizar la necesidad de políticas y acciones articuladas e integradas. Cuestionó las políticas y las obras hidráulicas de su tiempo porque vio en ellas pautas poco viables de cara a la magnitud e interrelación de los problemas. Hizo de la idea de la recuperación de la región lacustre un *leitmotiv* de sus recomendaciones. Fue, sobre todo, su capacidad analítica y su perfil científico lo que dotó de autoridad a su visión sobre el futuro de la ciudad.

Las diferentes visiones de futuro, estructuradas por los expertos, concebían la articulación de los fenómenos urbanos con las características dinámicas del entorno y esto se encuentra presente desde las ideas de Enrico Martínez hasta Nabor Carrillo.

Solamente con la emergencia del concepto de desequilibrio hidrológico la idea del desagüe general ha sido puesta en cuestionamiento crítico como opción sustentable para el futuro del proceso de urbanización de la cuenca. Esto ha sido un aporte del conocimiento científico y un resultado indirecto del proceso de urbanización. Existen pues, en el presente, contradicciones del paradigma del desagüe general con la noción de sustentabilidad contemporánea, precisamente porque la transformación ambiental generada por las infraestructura para la urbanización es de tal magnitud que ha limitado la capacidad de atender la demanda de recursos hídricos de la ciudad y su Zona Metropolitana, al tiempo que se desalojan cuantiosos volúmenes de agua fuera de la región.

6.5 El desagüe general como paradigma de la gestión hidráulica de la cuenca

La investigación histórica sobre la construcción de paradigmas de gestión abona en el sentido de comprender su dinámica de transformación. La noción de paradigma que se sostiene lo sitúa como un marco referencial en el que los diagnósticos científicos, los proyectos, y los intereses sociales y económicos, -que dan base a las ideas-, se pueden apreciar con más claridad y distinguir entre sí.

A lo largo del tiempo se han configurado diversas visiones del futuro de la ciudad, pero éstas no han llegado a constituirse en paradigmas de gestión hidráulica, salvo el planteamiento del desagüe general de la cuenca. Este se convirtió, desde el periodo colonial, en una meta de la gestión pública frente a la amenaza de desastre para la ciudad. El conjunto de ideas alternativas a la ejecución del desagüe general tuvo una amplia variedad de objetivos en los diferentes momentos en que se debatió al respecto. Algunas de estas ideas apoyaban la idea de una gestión hidráulica que hiciera compatible la presencia de los lagos con la ciudad. Sin embargo, ninguna de estas

ideas fue tan dominante como lo fue la propuesta de un desagüe general, que como hemos visto, para algunos de los expertos no era incompatible con la preservación de los lagos.

Se puede hablar de una ruptura histórica de paradigma en el caso del proceso de cambio entre los mecanismos prehispánicos de gestión hidráulica y los mecanismos establecidos durante el periodo colonial. Precisamente, durante el virreinato se da esa sustitución de un paradigma de gestión indígena por otro con carácter occidental, en cuanto a la capacidad de control sobre el entorno natural.

El paradigma del desagüe ha pasado por una serie de etapas de consolidación. Aunque fue criticado a lo largo del tiempo, solo hasta fecha más reciente (mediados del siglo XX) ha enfrentado una argumentación apoyada en la noción de *equilibrio hidrológico*. La crítica a la idea del desagüe no se ha apoyado en la formulación de alternativas que se mantengan vigentes por periodos mayores a los que son debatidas; en buena medida porque, una vez desarrolladas las nuevas infraestructuras, las condiciones del funcionamiento hidrológico regional se modificaron y las alternativas perdían viabilidad en el nuevo contexto. En otros casos, las alternativas al desagüe general mostraban menor viabilidad financiera y mayor incertidumbre en cuanto a su eficacia. Por ejemplo, las ideas de Adrian Boot para establecer un sistema interno de regulación lacustre tuvieron vigencia durante el periodo colonial, pero en una época muy temprana la balanza se había inclinado para favorecer la idea del desagüe general. Fue la catástrofe de 1629 lo que reforzó esa orientación de política.

La relación planteada entre los diagnósticos y los proyectos de diseño de infraestructuras ha sido más consistente que la vinculación de las ideas científicas con los paradigmas de gestión. Se habla de visiones de futuro de la ciudad con base en la vinculación de diagnósticos y proyectos que validan estructuras urbanas futuras, físicas y conceptuales. No obstante, la consolidación de los paradigmas de gestión puede aportar un marco más sólido a la formulación de proyectos y obras de diseño urbano. De modo tal cabe preguntarse, ¿por qué motivos no se han propuesto múltiples paradigmas de gestión hidrológica de la cuenca a lo largo de la historia de su urbanización?

Si bien el debate de los expertos motivó la profundización en el conocimiento sobre el funcionamiento hidrológico de la cuenca, así como la generación de ideas para dar viabilidad al proceso de urbanización, no fue suficiente para formular propuestas variadas de lo que denominamos paradigmas de gestión. Para responder a la pregunta anterior es pertinente formular otro cuestionamiento: ¿qué rol ha jugado el Estado en el proceso de estructuración de los paradigmas de gestión? El papel que el Estado ha ocupado a lo largo de este proceso histórico es más el de un modulador en el debate desarrollado entre expertos y funcionarios y menos el de un rector de la política hidráulica en la cuenca. Es hasta el siglo XX cuando el Estado asume plenamente la rectoría del proceso, cuando también la presencia organizada de los expertos a través de instituciones permite reconocer la existencia de una tecnocracia actuando a través del propio Estado.

Los factores económicos y sociales, como los tecnológicos, se constituyeron en auténticos linderos para acotar el alcance de las ideas. Sólo desde la entidad estatal es que estos aspectos pueden gestionarse de manera sistémica. Los recursos económicos siempre fueron limitados y escatimados por las autoridades respectivas; el conflicto social siempre se ha hecho presente en relación a los usos del agua en la cuenca y los medios tecnológicos adecuados para la obra del desagüe fueron, más bien, una consecuencia de su demanda una vez establecido el problema, que una condición previa para ponerlos en práctica. Es decir, el desagüe general no solo ha sido un paradigma dominante para la gestión hidráulica en la Cuenca del Valle de México, sino un laboratorio de la gestión financiera, de las interrelaciones sociales, así como del desarrollo y adaptación tecnológica.

A continuación se aborda con más detalle la cuestión financiera. En la tabla siguiente se presenta una relación de los gastos efectuados en diferentes momentos por los gobiernos respectivos para solventar el desagüe del Valle de México.

Tabla 14. Las inversiones realizadas en el desarrollo y mantenimiento de los sistemas de desagüe

Período	Costo nominal de las obras emprendidas para el desagüe y su mantenimiento	Fuente de la información
De 1607 a 1611	413,324 pesos y 7 tomines	Gurría Lacroix. (1978) <i>El desagüe del Valle de México durante la época novohispana</i>
De 1607 a 1777	5'674,861 pesos	Gurría Lacroix. (1978). <i>El desagüe del Valle de México durante la época novohispana</i>
De 1607 a 1822	7'095,146 pesos	González Obregón. (1902) <i>Memoria histórica, Técnica y administrativa de las obras del desagüe del Valle de México, 1449-1900, Vol. 2</i>
De 1886 a 1900	18'496,901 pesos	González Obregón. (1902). <i>Memoria histórica, Técnica y administrativa de las obras del desagüe del Valle de México, 1449-1900, Vol. 2</i>
De 1969 a 1975	5,400'000,000 pesos	Departamento del Distrito Federal. (1975) <i>Memoria del Sistema de Drenaje Profundo</i>

Fuente: elaboración propia a partir de las fuentes referidas..

Con el fin de ofrecer una interpretación de la tabla anterior haremos algunas comparaciones.

Para el periodo colonial (1536-1821) Barbosa Ramírez (1991) ha documentado que en la Nueva España fue acuñado circulante por un monto de 2,151'581,981 pesos. El monto de los gastos destinados al desagüe representó el 0.3% de aquel monto. El impacto económico del desagüe novohispano tuvo, sobre todo, un alcance regional.

Las obras del Gran Canal y el Túnel de Tequixquiac, desarrolladas y finalizadas durante el gobierno de Porfirio Díaz, representaron una parte importante de los montos

destinados a la obra pública. Al inicio de ese periodo gubernamental (1886) el monto anual promedio destinado a la inversión pública era de alrededor de un millón de pesos, mientras que al finalizar el “Porfiriato” (1910) el monto anual promedio era de 10 millones de pesos, de acuerdo con Rosenzweig (1989). Por ejemplo, con fines comparativos, la inversión pública destinada al desarrollo de los ferrocarriles en el país fue de 161 millones de pesos a lo largo del gobierno de Díaz. Las obras del Gran Canal representaron el 11.5% de aquel monto, aunque en términos de la obra pública significaron, aproximadamente, el equivalente a un par de años de gasto gubernamental total destinado a la infraestructura pública.

Las obras del Sistema de Drenaje Profundo tuvieron un costo que fue sufragado con los recursos asignados al Departamento del Distrito Federal, en el periodo comprendido entre 1969 y 1975. Si comparamos el monto de 5,400 millones de pesos invertidos en el SDP con los recursos destinados en los presupuestos públicos federales para fomento económico en el periodo de 1969 a 1975 (208,444'108,000 pesos, sin considerar el presupuesto de organismos y empresas públicas) tenemos que los primeros representan el 2.6% del presupuesto nacional para la obra pública durante el lapso considerado, de acuerdo con datos de De la Cruz (1976).

En otro orden de ideas, el paradigma del desagüe general tiene una relación dinámica con la noción de sustentabilidad a lo largo de su consolidación, pues inició como un planteamiento que perseguía mitigar el riesgo, dada la vulnerabilidad de la Ciudad de México. Desde la etapa colonial se perfiló como un mecanismo de saneamiento que, articulado con el drenaje (siglo XIX), posibilitaría la modernización de la ciudad. Se buscó como una infraestructura que daría vitalidad económica a la ciudad en su relación con otros centros urbanos de la Cuenca del Valle de México (desde la colonia hasta el siglo XX); imponiéndose como una solución obligada frente al acelerado y heterogéneo proceso de hundimiento del suelo de la ciudad.

Podemos ver que los recursos destinados a los proyectos de desagüe de la Cuenca del Valle de México han sido cuantiosos, sobre todo desde la perspectiva de la ciudad, pero que en el marco de los recursos públicos totales las inversiones han sido más bien limitadas.

6.6 Crítica del desagüe general como resultado de un proceso de generación de conocimiento científico

Los debates sobre las ideas acerca del funcionamiento hidráulico de la cuenca y los proyectos de desagüe tuvieron un conjunto de implicaciones a subrayar, dado que ciertos aspectos son limitativos de su aporte al conocimiento científico. A continuación comentaremos los principales.

El trabajo desarrollado por varios expertos estuvo vinculado con intereses económicos, sobre todo porque algunos expertos también buscaban o ya estaban a cargo de la dirección de obras. Mencionaremos dos casos que nos permiten ejemplificar el planteamiento:

- Enrico Martínez, como Maestro de la Máquina del desagüe, perseguía un beneficio económico, ligado a la promoción que hacía de sus ideas entre los funcionarios virreinales sobre la obra y mantenimiento del desagüe en Huehuetoca.
- Francisco de Garay se desempeñó como Director del Desagüe. En consecuencia, la aceptación de sus ideas por parte de los funcionarios de gobierno estaba vinculada con sus intereses económicos y políticos personales.

Lejos de pensar que los intereses económicos de los expertos constituyeron una limitante insalvable para atribuir un carácter científico a sus aportaciones al conocimiento, el dato nos obliga a considerar con mayor rigor la naturaleza de esas contribuciones, sobre todo en cuanto a método y pertinencia. Como hemos visto, estos expertos fueron exhaustivos en cuanto a la información con que trabajaron y actuaron consistentes con su manera de concebir la dinámica hidrológica de la cuenca. Aquí hay que subrayar la distinción entre aporte científico y proyecto de infraestructura.

No queremos afirmar que la opinión de los expertos estuviera condicionada de todo a todo, pero reflexionar sobre el pensamiento científico sin consideración de los beneficios económicos perseguidos por sus autores significaría sostener una perspectiva incompleta del tema.

Por otro lado, el Estado se desempeñó con ineficiencia en sus funciones en relación al desagüe si consideramos la actuación de las autoridades durante las primeras décadas del siglo XVII. Por ejemplo, el papel del cabildo de la Ciudad de México, instancia que en la segunda y tercera décadas de aquel siglo mantuvo un permanente cuestionamiento a la obra encabezada por Martínez, pues sistemáticamente se opuso a darle continuidad al proyecto. De manera particular, durante el siglo XIX, los diferentes gobiernos del México independiente fueron tardíos en reconocer la problemática sobre las inundaciones y plantear estrategias que efectivamente mitigaran el problema.

Paulatinamente, la política y acciones del Estado se fortalecieron frente al problema del desagüe. De modo particular esto fue más evidente a finales de la colonia, con el apoyo otorgado a las obras de Ignacio Castera para habilitar un canal del desagüe general. También, en los últimos años del siglo XIX, la obra del Gran Canal no podría culminarse sin la intervención decidida del gobierno. Durante la segunda mitad del siglo XX, las acciones de planeación y desarrollo de infraestructura para el abasto de agua potable y el desalojo de aguas residuales fueron factores bajo análisis constante por parte de instancias de gobierno, como una respuesta a las crisis del sistema hidráulico.

Los aspectos señalados, -el interés económico que podría condicionar la objetividad de la visión de los expertos y la ausencia de una política pública definida hacia el objetivo del desagüe-, influyeron de manera significativa en el curso de los acontecimientos, como la profundidad y el carácter de los debates científicos, el avance y retraso de las obras proyectadas, así como las rupturas conceptuales entre los expertos de los periodos analizados.

Ahora bien, todo proceso de construcción de conocimiento es falible. En relación al desagüe, los expertos cometieron una diversidad de posibles errores en cuanto a diagnóstico e interpretación. El proceso de configuración del desagüe, -como idea, proyecto y obra-, trajo consigo una vasta cantidad de errores cometidos en diferentes momentos:

- Enrico Martínez realizó una serie de cálculos en cuanto a sus proyectos y, como resultado, no pocos de aquellos cálculos fueron controvertidos.
- A su vez hubo ausencia de información sobre el volumen de agua que la cuenca percibía anualmente por precipitaciones y las consecuencias de esto en términos de la hidrología regional.
- En el siglo XIX, el proyecto para la ejecución del Gran Canal y el Túnel de Tequixquiac no tuvo gran consideración de los aportes planteados en la *Memoria para la Carta Hidrográfica*, sobre los efectos sociales y económicos de una desecación permanente.
- Particularmente, en el siglo XX, los responsables del proyecto del Sistema de Drenaje Profundo no hicieron un reconocimiento adecuado de la problemática del desequilibrio hidrológico en la cuenca.

En las líneas anteriores se han abordado aspectos que constituyen temas críticos sobre el carácter científico en la evolución del problema del desagüe. Estos aspectos aportan reflexiones en diferentes niveles del problema. Mientras que algunos se centran en cuestionar el papel de los actores, otros, por ejemplo, se abocan a señalar los límites del instrumental tecnológico para la determinación de medidas, niveles o pendientes en el terreno físico. Como cualquier proceso de construcción de conocimiento científico, no se trata de un desarrollo lineal y ascendente, sino de un proceso discontinuo y accidentado, cuyos avances a lo largo del tiempo se expresan en términos de una mayor complejidad temática e identificación de una creciente multideterminación.

6.7 El aporte del desarrollo del desagüe al campo del diseño urbano

6.7.1 La innovación tecnológica

El desarrollo de los proyectos y las obras sobre el desagüe fueron un motor para impulsar la innovación tecnológica aplicada a los problemas hidráulicos de la región. En

algunos casos los expertos propusieron desarrollos tecnológicos como parte de los proyectos y obras para el desagüe. Por ejemplo, varias de las propuestas presentadas por ingenieros a la convocatoria de 1856 sugerían mecanismos como sistemas de bombeo y sifones para operar el desagüe y la regulación del nivel del agua en canales y lagunas.

En otros casos, las propuestas tenían vínculos con ámbitos productivos y se planteaban como aplicaciones a los problemas hidráulicos de la cuenca. La Máquina colonial del desagüe fue, en si misma, un objeto de innovación tecnológica en tanto que constituyó un mecanismo para de apoyar la gestión hidráulica de la cuenca y el control de inundaciones, en condiciones particulares.

A lo largo los diferentes periodos analizados en esta investigación hubieron casos ejemplares como los siguientes:

- Durante la colonia el desarrollo tecnológico logrado en la Nueva España para la construcción de socavones aplicados al desagüe en minas tuvo una clara relación con las obras de la Máquina del desagüe iniciadas a principios del siglo XVII. Trabulsee (1996) dedicó una amplia reflexión al análisis de este tema.

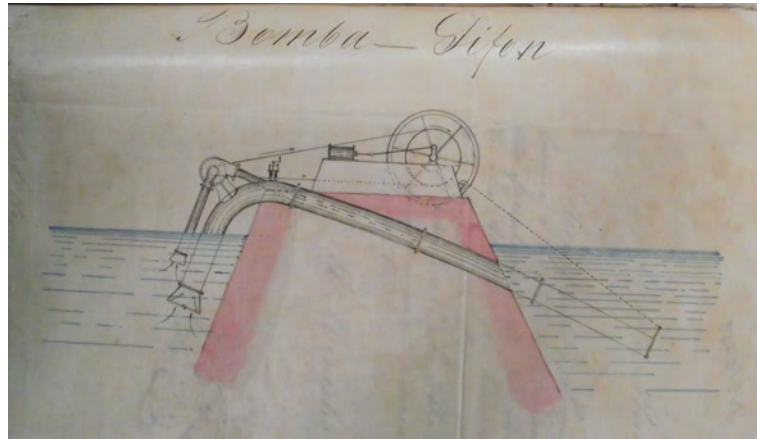
Ilustración 51. Hombres frente a cueva de socavón en una mina de material.



Fuente: Archivo Casasola, 1929. Fototeca Nacional del INAH

- Por otro lado, el planteamiento de proyectos por parte de los expertos abrió la posibilidad de explorar las necesidades de transferencia tecnológica desde países más desarrollados. Muestra de ello es la diversidad de proyectos presentados a mediados del siglo XIX, entre los que destacan las propuestas de sifones y sistemas de bombeo mejor conocidos en sitios de mayor desarrollo, planteados como mecanismos útiles para la regulación de los niveles de agua en canales y lagos.

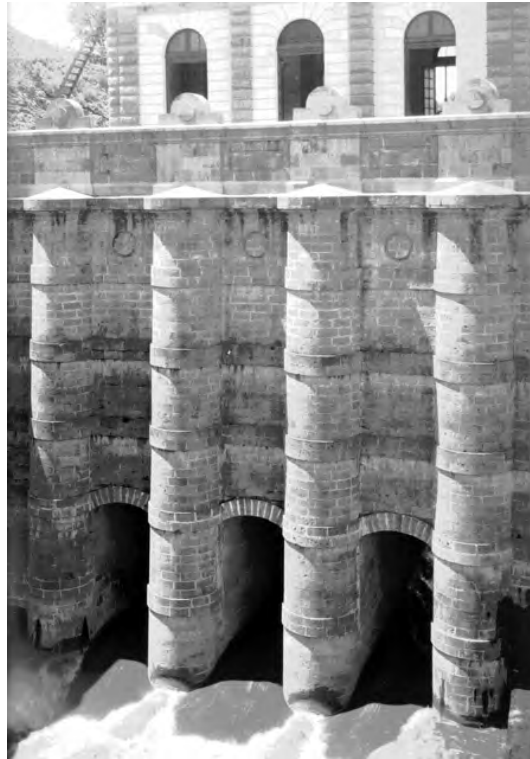
Ilustración 52. Bomba sifón



Fuente: AGN. Fondo: Fomento y desagüe del Valle de México. Libro 21.

- Las obras emprendidas por el gobierno mexicano para concluir el túnel de Tequixquiac (siglo XIX), cuando las empresas extranjeras se retiraron del proyecto en virtud de las dificultades para dar solución técnica a los retos planteados, son un caso relevante de pericia tecnológica nacional que permitió la culminación del proyecto durante largo tiempo anhelado.

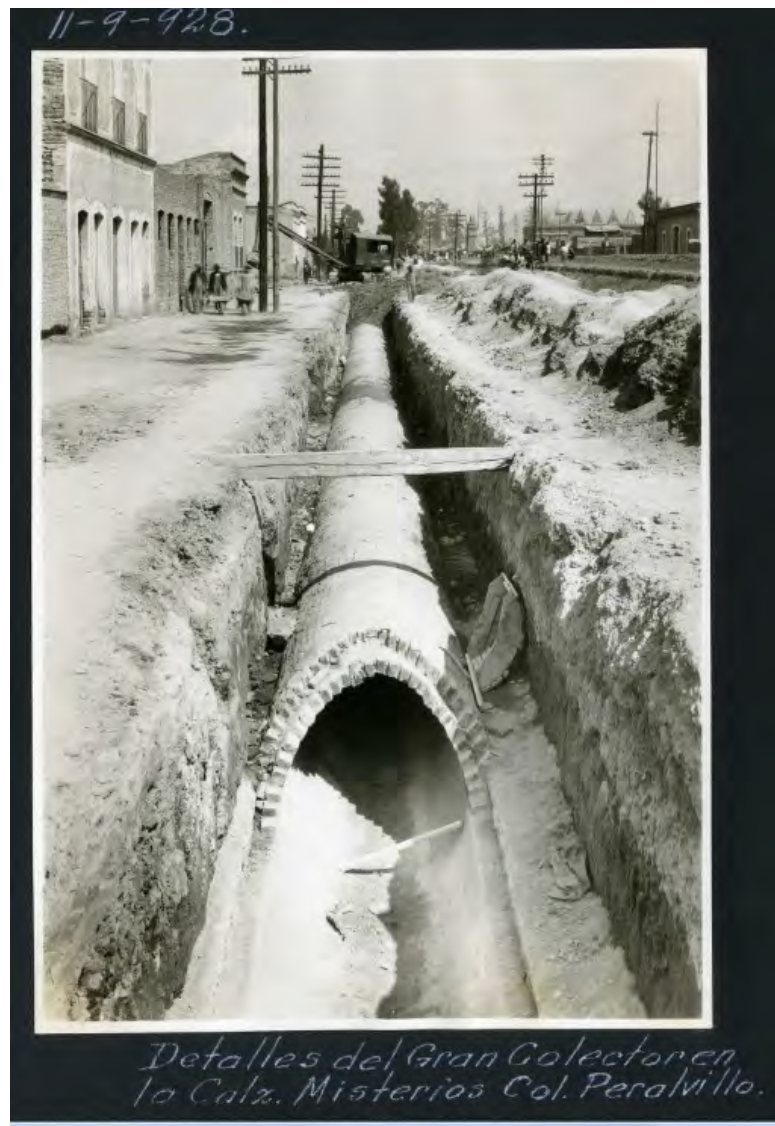
Ilustración 53. Compuerta del Gran Canal del desagüe.



Fuente: Archivo Casasola, 1910. Fototeca Nacional del INAH.

- Durante la primera mitad del siglo XX se llevó a cabo la construcción de colectores de grandes dimensiones para la captura y conducción del agua residual bajo el suelo de la Ciudad de México. Este tipo de mecanismo es un antecedente y una importante experiencia para el posterior desarrollo del Sistema de Drenaje Profundo (SDP).

Ilustración 54. Detalles del gran colector en la calzada de los Misterios. Col Peralvillo, 11 de septiembre de 1928



Fuente: Museo Archivo de la Fotografía, Secretaría de Cultura. Gobierno de la Ciudad de México,
Inventario 44668 047 143.

Ilustración 55. Sifones en el Gran Canal Hidroeléctrico, San Juan de Aragón, 1928.



Fuente: Museo Archivo de la Fotografía, Secretaría de Cultura. Gobierno de la Ciudad de México, Inventario 44668 050 154.

- La construcción del SDP fue una muestra del desarrollo propio de tecnologías adecuadas a las necesidades que la obra impuso como la innovación implementada en la construcción de las lumbreras en las variadas y difíciles condiciones del suelo de la cuenca.

La meta del desagüe generó múltiples situaciones propicias para la aplicación y el desarrollo de tecnología. Este proceso, sin embargo, se caracterizó por limitaciones financieras, sociales y políticas en todas sus etapas.

6.7.2 La estructuración de una visión integral del proceso de generación de infraestructuras urbanas

a) El *ambiente regional*, b) el *pensamiento científico* de los expertos ocupados del desagüe y c), las *concepciones de diseño de infraestructura urbana* para el futuro de la capital del país, son tres ámbitos de análisis cuya interacción hemos colocado en el centro de la investigación con la finalidad de indagar sus vínculos a lo largo del tiempo.

La *relación de lo ambiental y el pensamiento científico* nos ha llevado a reconocer la relevancia de los diagnósticos que realizaron los expertos sobre la causa de las inundaciones y las variaciones en el nivel del suelo, así como su vínculo con los cambios hidrológicos de la cuenca, de origen natural y artificial. Es una relación significativa porque, como hicimos notar antes, ambiente y ciencia se han retroalimentado de manera permanente a lo largo del tiempo en torno al problema del desagüe, de modo tal que es necesario entender su evolución conjunta como parte del proceso de urbanización de la Cuenca del Valle de México.

El cambio ambiental y la transformación del funcionamiento hidrológico regional han sido temas que han dado pauta a la estructuración del pensamiento científico en cuanto a la Ciudad de México y el territorio en el que se asienta. Por ejemplo, el señalamiento de Enrico Martínez sobre el impacto ambiental de las actividades productivas introducidas por los españoles en el Valle de México; el análisis de los efectos de los lagos en la salubridad y la vida social de los habitantes del Valle de México en el siglo XIX (expuesto en la *Memoria para la Carta Hidrográfica*); la discusión emprendida por diversos expertos en la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México sobre el desequilibrio hidrológico, son todos muestra del vínculo ambiente-ciencia que se ha dado de manera necesaria en la conformación del fenómeno de urbanización de la Cuenca del Valle de México.

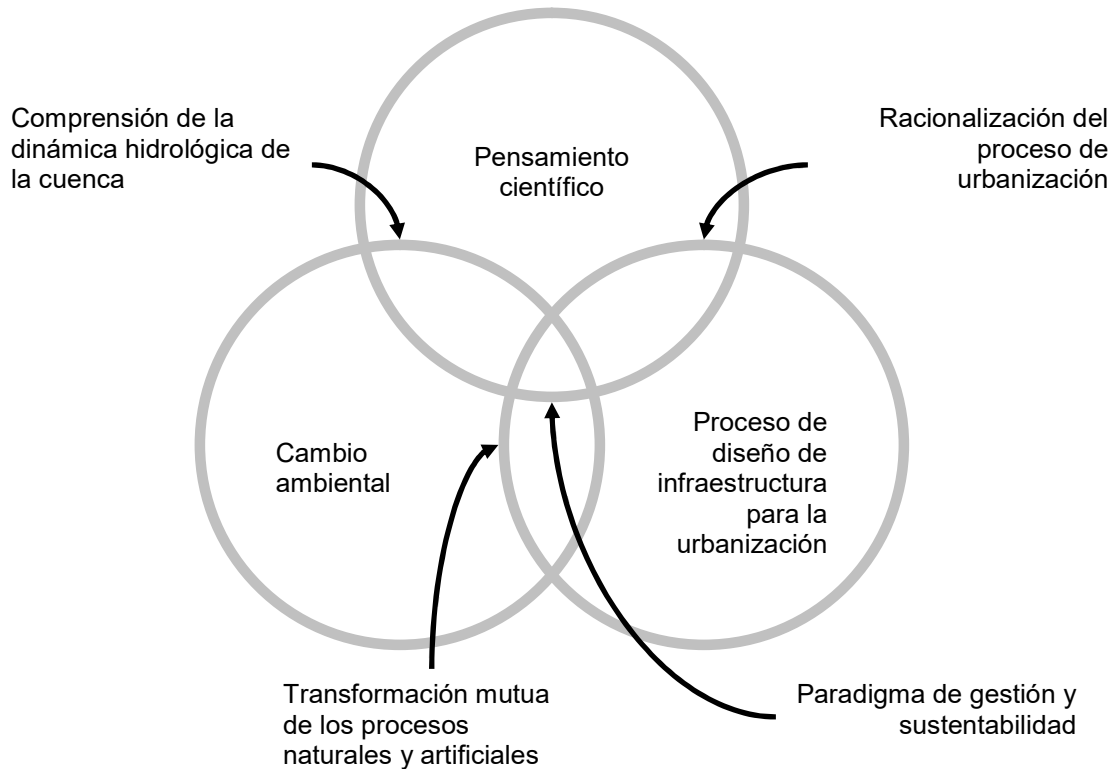
Otra vertiente se expresa en *la relación de la ciencia con el diseño urbano*, esto es la racionalización del proceso de configuración urbana. En cuanto a este aspecto, el tema del desagüe muestra múltiples vinculaciones: los planteamientos de Enrico

Martínez en su *Reportorio* sobre la ubicación de la ciudad; el análisis sobre la desecación y la preservación lacustre planteado en la *Memoria para la Carta Hidrográfica* o las varias contribuciones realizadas por Nabor Carrillo en términos de propuestas de infraestructuras para gestionar de manera más racional el agua en la ciudad.

Todos los ejemplos anteriores dan cuenta de una preocupación social por explicar los problemas urbanos y regionales, además de generar propuestas viables para su solución, que al ser aplicadas han acelerado el proceso de transformación ambiental de la cuenca, generando con ello una nueva agenda para el diseño urbano.

La tercera relación a explorar es la definida por *la interacción del ambiente y el diseño*: en cuanto a este tema ambos campos tienen una influencia mutua en cuanto a la operación de las infraestructuras diseñadas y sus efectos en la manera en que actúa el entorno a nivel hidrológico y climático. El diseño de las infraestructuras urbanas para el desagüe ha tenido un interlocutor ineludible en el ambiente. Si bien las infraestructuras urbanas analizadas han estado principalmente orientadas a atender necesidades de carácter socioeconómico o de salubridad, siempre se han planteado en un marco caracterizado por una transformación ambiental continua. De ahí que el proceso de diseño de las infraestructuras precisa de incorporar, como un factor activo en la operación de las mismas, al papel desarrollado por el ambiente. En esto es necesario recuperar que el entorno también reclama su “espacio”, y así como ha sido transformado, también los factores físicos, como el hundimiento del suelo o las reiteradas inundaciones, son causa de la pérdida de viabilidad de infraestructuras construidas.

Ilustración 56. Ejes sintéticos de la reflexión histórica



Fuente: elaboración propia.

La relación de los tres aspectos -ciencia, diseño y ambiente- nos da cuenta del concepto de sustentabilidad como una categoría que podemos analizar a lo largo del tiempo, adoptando una dimensión más robusta para el diseño de la ciudad (ver ilustración 56). Hay que reconocer que esta interacción tripartita no se ha consolidado aún, y que la noción de sustentabilidad para el futuro demanda una integración más completa de estos tres aspectos de la realidad.

Lo anterior es un reto para el futuro próximo. En el pasado el Estado mexicano tuvo un papel restrictivo, pues el paradigma del desagüe general ha sido un planteamiento de élite, entendido por pocas personas; es decir, un paradigma que se fundamenta en la transformación de las relaciones ciudad-entorno (ver el planteamiento

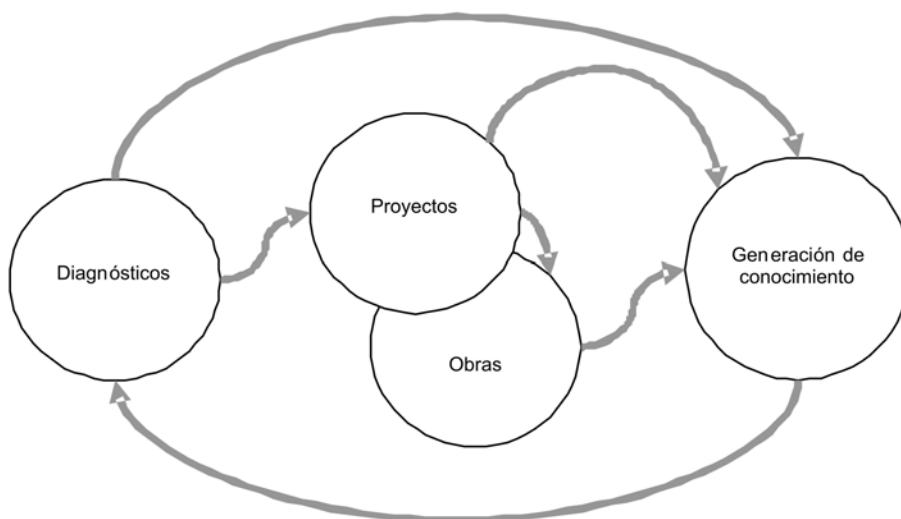
de Candiani (2014) sobre el desagüe como un proyecto de colonización regional en América).

6.7.3 Diseño de infraestructura y construcción de pensamiento científico

La visión más convencional sobre la generación del pensamiento científico nos plantea que la teoría antecede a la práctica. No obstante, en este trabajo se ha intentado evidenciar que el caso del desagüe muestra múltiples casos en los que el diseño de infraestructura constituyó un antecedente de la generación de conocimiento. Es decir, que la puesta en práctica de soluciones antecedió al proceso en el que se sistematizó y se logró una síntesis para el conocimiento de las características hidrológicas de la cuenca.

El siguiente esquema ilustra la idea que acabamos de exponer:

Ilustración 57: Relaciones entre diagnósticos, proyectos, obras y ciencia.



Fuente: elaboración propia

Los diagnósticos, que implicaban el conocimiento acumulado previamente y el levantamiento de datos en sitio, tienen una relación con la generación de nuevo conocimiento sobre el funcionamiento hidrológico y ambiental de la cuenca.

En este proceso de generación de conocimiento la producción de proyectos y el desarrollo de obras fue un aspecto significativo. Los proyectos no solamente fundamentaron la ejecución de obras sino que en si mismos constituyeron un acervo de conocimientos regionales. Junto con las obras y su operación incidieron en la generación del conocimiento.

Un caso que ilustra este planteamiento es el desarrollado en el capítulo tres de este trabajo. El proyecto y obras para el desagüe en Nochsitongo encabezados por Enrico Martínez fueron en buena medida consecuencia de su diagnóstico planteado en el *Reportorio*. Después, las obras desarrolladas en el marco de las inundaciones de principios de siglo XVII y las obras de la Máquina del desagüe fomentaron un intenso debate entre los expertos, mismo que alcanzó una síntesis en la *Relación* de Fernando de Cepeda en la década de los 1630.

Un segundo caso lo muestra el proceso que en el siglo XIX partió de múltiples diagnósticos y propuestas para el desagüe, desde el presentado por Smith y luego el planteado por De Garay, entre las décadas de 1840 y 1850, hasta arribar a la conformación de la *Carta hidrográfica* y su *Memoria*, en la década de 1860. Proyectos y diagnósticos antecedieron a la estructuración de los planteamientos científicos e influyeron de modo significativo en la estructuración de la agenda científica que sintetizaba el conocimiento sobre la región.

En el siglo XX las intervenciones para lograr una operación adecuada de las infraestructuras para el desagüe se dieron de manera paralela al debate de los expertos sobre los problemas y los diagnósticos. Al mismo tiempo que se implementaban obras para el segundo túnel de Tequixquiac o se implementaban los colectores para el desalojo de las aguas pluviales y residuales se llevaban a cabo las investigaciones como fenómenos como el hundimiento del suelo o el desequilibrio hidrológico. De hecho, del desarrollo de las infraestructuras permitía a los expertos visualizar con mayor claridad las consecuencias de la continuidad de las políticas de gestión hídrica, como fue el caso de los señalamientos realizados por Nabor Carrillo a favor de otro tipo de políticas.

La intervención de expertos a través de proyectos y obras para el desagüe en la cuenca ha sido un detonante de la reflexión y de la generación de conocimiento científico en la región.

6.8 Conclusiones generales

En esta investigación se ha tratado de evidenciar la relación del diseño urbano con la formación del pensamiento científico a lo largo de la historia. Esta relación se ha dado de manera recíproca. Tanto proyectos como diagnósticos se han retroalimentado y han funcionado como plataformas desde las que se han generado ideas sobre la región que nos ocupa. Pero también se ha desarrollado una profunda modificación de las condiciones físicas y climáticas del lugar. La consecuencia de la transformación ambiental de la Cuenca del Valle de México, en cierta medida motivada por las infraestructuras para el desagüe, es doble.

Por una parte, la transformación ambiental, mediante infraestructuras que modificaron el funcionamiento natural de la cuenca, sentó las bases físicas que han hecho posible la expansión urbana de la capital del país y su posterior metropolización. En ese sentido, el proceso de urbanización se ha orientado, en cuanto a nuestro tema, por un objetivo de control y racionalización del uso de recursos hidráulicos territoriales.

Por otro lado, esta transformación ambiental fue motivo de un proceso de construcción de conocimiento científico, muchas veces tardío, pero útil para la comprensión de lo urbano en el marco de la ocupación del territorio, y para el desarrollo de un conocimiento de la cuenca como totalidad. El conocimiento científico de la cuenca ha sido beneficiario de la intervención proyectual hidráulica en la misma, en tanto que esos proyectos y obras han sido motivo para la investigación, dando un marco para plantear preguntas y formular hipótesis que se han debatido de manera intensa sobre el funcionamiento hidráulico de la región.

En función de las ideas anteriores a continuación se presenta una serie de apartados en los que se puntualizan conclusiones de esta investigación.

6.8.1 Primera conclusión: la relación del diseño con la construcción del pensamiento científico

Durante las primeras tres décadas del siglo XVII fueron planteadas diversas alternativas para enfrentar el problema de las inundaciones. Con esa multiplicidad de opiniones se estructuró un conjunto de conocimientos sobre la región, su problemática y las posibles visiones para su gestión. Como resultado, aquel debate tuvo algunas consecuencias específicas, significativas por su trascendencia en tiempo:

- Se plantearon ejes de reflexión y acción, en términos del diseño, para la gestión hidráulica de la cuenca; por ejemplo, las nociones de desagüe parcial y general, la idea de lograr la gestión interna de la región lacustre sin desaguar y las alternativas a la idea del túnel para el desagüe o el socavón, entre otras iniciativas de diseño.
- Se pusieron en evidencia los límites de los recursos tecnológicos para el diagnóstico y para la formulación de proyectos; como se mostró en los diferentes cálculos de los expertos sobre nivelaciones y estimaciones de pendientes en el período colonial.
- El debate de las ideas de diseño amplió, de manera significativa, la comprensión de la problemática regional en cuanto a la interacción de la ciudad y la zona lacustre del valle.

En el siglo XIX los múltiples proyectos presentados para la resolución del desagüe dieron lugar a un amplio repertorio sobre el propósito de la infraestructura proyectada. De manera particular, el debate tuvo repercusiones como las que se señalan a continuación:

- Se identificó una diversidad de recursos tecnológicos que podrían implementarse para la gestión hidráulica de la cuenca.
- Se planteó y analizó una amplia variedad de objetivos a lograr con la construcción y operación del desagüe; por ejemplo, las ideas sobre los canales

de navegación, la irrigación al interior y al exterior de la cuenca, así como la salubridad de la ciudad.

- Se exploró la relación de la gestión hidráulica regional con la salud de los habitantes de la ciudad y con la dinámica de la sociedad.
- Las ideas sobre higienización, productividad económica y equilibrio hídrico se incorporaron, de modo mas directo, en los planteamientos de diseño.
- La sistematización del conocimiento logrado hasta entonces le dio una base más firme al planteamiento de proyectos como el desagüe y las obras de intervención en la hidráulica regional.

En el siglo XX el trabajo de investigación científica jugó un papel determinante en el proceso de diseño de las infraestructuras como las que atendieron el tema del desagüe. El debate científico se intensificó de manera notoria y se multiplicaron las posibles perspectivas para tratar con la amplia problemática. De modo puntual los siguientes aspectos destacan algunos resultados de esa interacción entre ciencia y diseño:

- El territorio, desde el punto de vista ambiental, se colocó como parámetro de diseño a la par que las dinámicas propias del proceso de urbanización, como la acelerada expansión territorial o el amplio crecimiento demográfico.
- Los proyectos de infraestructura se fundamentaron de manera más directa en los diagnósticos científicos.
- Se profundizó la especialización de los estudios sobre el entorno físico de las infraestructuras hidráulicas propuestas.

El proceso proyectual fue una herramienta de gran utilidad en la generación de conocimiento sobre el funcionamiento de la cuenca. No fue el instrumento primordial, pero si se constituyó en un eje de articulación de ideas e hipótesis sobre el origen y la solución de problemas

6.8.2 Segunda conclusión: ni occidentalización ni visión prehispánica en la política hidráulica

Algunos autores han presentado el desarrollo histórico para las obras del desagüe como un proceso de occidentalización de la relación ciudad-entorno y otros autores incluso han opuesto a ese proceso un planteamiento alternativo, fundamentado en la promoción de la visión prehispánica para la gestión hidráulica de la cuenca.

El desagüe, como un mecanismo de occidentalización, sugiere la idea de que el desarrollo tecnológico posterior a la colonización es una consecuencia de su importación y que el dominio de los recursos regionales y la expansión urbana responden a una perspectiva europea. Esta idea no toma en cuenta el aporte hecho por los expertos de la Nueva España y México, para diagnosticar la situación planteada por las inundaciones y proponer mecanismos para enfrentar esa problemática. Desde los puntos de vista económico, social y científico, el esfuerzo fue atendido principalmente por las instituciones asentadas regionalmente y en los individuos que localmente enfrentaron la problemática.

Del mismo modo, la idea del desagüe fue cuestionada y enfrentó diversas alternativas desde el periodo colonial y hasta el siglo XX. Casi ninguna alternativa alcanzó la viabilidad financiera, en su relación costo-beneficio, en comparación con la propuesta del desagüe.

El planteamiento de que el proceso histórico ha permitido un resurgimiento de la visión prehispánica para la gestión de los recursos lacustres no toma en cuenta el enorme cambio ambiental que la cuenca ha sufrido, motivado por la explotación de recursos, la desecación de los lagos y la expansión urbana. La visión prehispánica de la gestión lacustre tuvo su etapa de vigencia bajo ciertas condiciones de urbanización de la cuenca y determinadas relaciones planteadas en el binomio ciudad indígena-entorno, pero las condiciones que daban sustento a esas relaciones se transformaron de manera acelerada durante la colonia y la etapa del México independiente.

En razón de lo anterior, en términos de las ideas, el proceso histórico del desagüe ha sido un aspecto fundamental en la construcción del saber ambiental a nivel

regional, así como un proceso en el que el desarrollo científico y el diseño de infraestructura urbana se han dado cita para generar una síntesis hacia la sustentabilidad del proceso de urbanización.

6.8.3 Tercera conclusión: el hundimiento del suelo y la dinámica de urbanización como factores determinantes de la política hidráulica contemporánea

Aunque se pueden cuestionar las diferentes orientaciones que en cuanto a la política hidráulica se han puesto en marcha, sobre todo en relación a las orientaciones dominantes en la segunda mitad del siglo XX, lejos se está de promover una condena. Con esta investigación se ha visto que el fenómeno del hundimiento ha cobrado un papel central durante el último siglo, como un parámetro ineludible en la proyección de las obras de infraestructura urbana.

El hundimiento es el resultado de un proceso complejo, en el que tanto la acción humana como la dinámica de los aspectos físicos del entorno fueron factores que se combinaron para impulsarlo. La expansión urbana, la demanda creciente de agua a causa del crecimiento poblacional, la política de explotación del agua del subsuelo fueron, entre otros, aspectos sociales que llevaron a una situación que se impuso como marco restrictivo para las ideas, proyectos y obras en cuanto al desagüe y el control de inundaciones. Junto al hundimiento, los factores referidos se han constituido en un marco ineludible para el desarrollo de las políticas hidráulicas y de urbanización. De ahí que las ideas, propuestas y obras de infraestructura generadas en los años sesenta y setenta del siglo XX no son producto aislado de la visión de los expertos, sino que ocurren en un marco de agudas restricciones físicas y territoriales.

6.8.4 Cuarta conclusión: el papel del diseño en el proceso histórico del desagüe

El diseño de las infraestructuras urbanas para el desagüe trajo consigo diversas consecuencias en su relación con el entorno, los expertos y el desarrollo de la urbanización. A continuación señalamos las consecuencias principales:

- El proceso de configuración urbana, como ejercicio de diseño, dio impulso a la investigación sobre los problemas territoriales. En otras palabras, las actividades proyectuales en cuanto a la meta del desagüe motivaron a realizar investigación sobre diversas cuestiones.
- La formulación de proyectos para el desagüe generó un soporte para la reflexión sobre el ambiente y su relación con la ciudad. El diseño dio pauta para que los expertos reflexionarán sobre la cuenca y sus problemáticas hidráulicas.
- Como consecuencia de lo anterior, el diseño de las infraestructuras urbanas, -en particular el caso del desagüe-, tuvo la función de involucrar a la sociedad y coadyuvar en la construcción de una comunidad de conocimiento en torno de aquella problemática.
- Finalmente, el proceso de diseño de las infraestructuras de desagüe, en relación con la historia de las ideas científicas sobre la Cuenca del Valle de México, fue un factor que le dio impulso, aportando en esta investigación una clara identificación del papel innovador del diseño hacia la construcción social del conocimiento.

Fue, sin duda, la historia de los debates sobre los desagües un proceso de enorme complejidad, pues la vinculación de actores como las instituciones estatales y los expertos científicos asumió un carácter por periodos contradictorio, en el marco del desarrollo de procesos como la urbanización, la transformación ambiental y la dinámica hidrológica regional.

Se ha buscado presentar al concepto de sustentabilidad de lo urbano como un producto del devenir histórico, con fuertes anclajes en la reflexión, el diseño de infraestructuras y el debate científico, acontecidos a lo largo de varios siglos. Se ha tratado de un proceso auto-organizado, que no sólo acompañó la configuración y diseño

del soporte urbano, sino que transformó periódicamente la noción de ciudad como una totalidad viva inseparable de su contexto, implacable y siempre desafiante.

6.8.5 Quinta conclusión: los ejes de continuidad histórica

La continuidad de los procesos históricos es un aspecto que se ha revisado a lo largo de esta investigación. Hemos identificado tres ejes que expresan líneas de continuidad de los procesos a lo largo del tiempo en relación al desagüe de la Cuenca del Valle de México, considerando los tres periodos analizados.

Un primer eje de continuidad se expresa en torno de la idea de un desagüe de la región norte de la cuenca mediante un túnel. Tanto Enrico Martínez en 1607, Francisco de Garay en 1856 y Raúl Ochoa en 1964 proponen la construcción de sistemas de desagüe en los que los túneles tienen un papel protagónico. Cabe subrayarse que todos esos planteamientos fueron controvertidos en tanto que reclamaban cuantiosos recursos financieros y tecnológicos, como también fueron cuestionados por sus implicaciones sobre la dinámica social y ambiental a nivel regional. Los planteamientos de los expertos señalados configuran un *eje tecnológico* en el pensamiento científico de nuestro tema.

Otro eje que define una continuidad histórica es la idea de establecer mecanismos de gestión enfocados a la preservación de los recursos hídricos regionales. Dos referentes de esta continuidad los tenemos en el pensamiento de José Antonio Alzate en el siglo XVIII y de Nabor Carrillo en el siglo XX. Ambos científicos tuvieron como común denominador su preocupación por que las políticas de gestión hidráulica regional se orientarán a que se utilizarán de modo racional de los recursos hídricos existentes en la propia cuenca y que estos no fueran desalojados. Las ideas de estos expertos conforman un *eje ecológico* en la estructuración del pensamiento científico sobre la problemática del desagüe.

Finalmente, un tercer eje de continuidad se constituye a partir de tres documentos que sintetizan los conocimientos alcanzados en determinados períodos de

reflexión y acción sobre el desagüe: la *Relación* de Fernando de Cepeda (1637), La *Memoria de la Carta Hidrográfica del Valle de México* (1864) y el *Plan general* (1954). Los tres documentos son buenos ejemplos de ejercicios de síntesis y propuesta para la atención de las problemáticas hidráulicas regionales, reflejando los debates en sus respectivos momentos y dando cuenta del estado del arte sobre el avance del pensamiento científico. Estos tres documentos expresan la continuidad de un proceso histórico para la estructuración de un *programa de investigación científica* sobre el tema que se ha abordado en este trabajo.

Fuentes bibliográficas y archivísticas

16 de agosto de 1973. *Acta de sesión ordinaria número 39*. Comisión Técnica de Supervisión del Sistema de Drenaje Profundo.

18 de octubre de 1974. *Acta de sesión extraordinaria número 64*. Comisión Técnica de Supervisión del Sistema de Drenaje Profundo.

6 de febrero de 1975. *Acta de sesión ordinaria número 70*. En México: Archivo Histórico del Distrito Federal, Fondo: Departamento del Distrito Federal, sección Obras públicas, serie Comisión Técnica de Supervisión, caja 695/1975 Informes, Leg. 3.

Abril de 1948. *Revista Mañana*, México.

ÁLVAREZ, José Rogelio. (1987) *Enciclopedia de México*. México: Compañía editora de enciclopedias de México.

ALZATE y Ramírez, José Antonio de. 1980. *Observaciones sobre la física, historia natural y artes útiles*. en *Obras*. (ed. de Roberto Moreno). México: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, 4ta edición.

ALZATE y Ramírez, José Antonio de. 1985. *Proyecto hidráulico de mucho interés (1795) en Memorias y ensayos*. México: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

Archivo General de la Nación, Fondo: Instituciones gubernamentales, sección Archivos presidenciales, *Presidente Miguel Alemán Valdés*. Inundaciones D.F., General, 17656 ev., 720/22971

Archivo General de la Nación, Fondo: Instituciones gubernamentales, sección Archivos presidenciales, *Presidente Adolfo Ruiz Cortínez*. Inundaciones D.F., 3730 ev, 561.3/3.

Archivo Histórico del Agua, Fondo Consultivo Técnico, caja 175, exp. 1400.

Archivo Histórico del Distrito Federal, Fondo: Departamento del Distrito Federal, sección Obras públicas, serie Ingenieros y arquitectos realizan estudios sobre el problema general de abastecimiento de agua, caja 7/1929-1930, paquete 3.

Archivo Histórico del Distrito Federal, Fondo: Departamento del Distrito Federal, sección Obras públicas, serie Comisión Técnica de Supervisión, caja 695/1975 Informes, Leg. 3.

ARÉVALO; Federico. 2003. *La representación de la ciudad en el Renacimiento*. Barcelona: Fundación Caja de arquitectos.

AYUNTAMIENTO de la Ciudad de México. 1897. Documentos relativos al drenaje de la Ciudad de México. México.

BARBOSA Ramírez, A. René. 1991. *La estructura económica de la Nueva España*. México: Siglo XXI editores.

BENTLEY, Santiago. 1856. *Proyecto de desagüe del Valle de México, Fondo Fomento y desagüe del Valle de México*, Vol. 21, Archivo General de la Nación.

BISTRAIN, P. 1961. *Posibilidades de abastecimiento de aguas en el Valle del Mezquital, estado de Hidalgo*, t. 1 y 2; México: Secretaría de Recursos Hidráulicos, Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México.

BOOT, Adrian. 1614. Fondo Ayuntamiento de la Ciudad de México, Sección Actas del cabildo paleografiadas Vol. 362 A, 30 de enero de 1620. México: Archivo Histórico de Distrito Federal.

BOOT, Adrian. 1614-1622. Fondo Ayuntamiento de la Ciudad de México, Sección Actas del cabildo paleografiadas, Vol. 359 A-364-A.

BOOT, Adrian. 1622. Fondo Ayuntamiento de la Ciudad de México, Sección Actas del cabildo paleografiadas Vol. 363 A, 3 de junio de 1622. México: Archivo Histórico de Distrito Federal.

CAMACHO Pichardo. 2007. *Agua y liberalismo: el proyecto estatal de desecación de las lagunas del Alto Lerma 1850-1875*. México: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.

CANDIANI, Vera. 2014. *Dreaming of Dryland: environmental transformation in colonial Mexico city*. Stanford University Press.

CARRILLO, Nabor. 1952. *Problemas del subsuelo en la Ciudad de México*. Revista Estudios (revista bimestral) marzo, 1952, México, D.F., no. 2, p. 35-38. Fondo Nabor Carrillo, Archivo Histórico de la Universidad Nacional, caja 3, exp. 16, doc. 577-578.

CORONA Treviño; Leonel. 2004. *La tecnología, siglos XVI al XX*. México: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO-Océano.

CRUICKSHANK García, Gerardo. 1995. *Proyecto Lago de Texcoco. Rescate hidroecológico*. México: Departamento del Distrito Federal.

CUEVAS, José A. 1938. "El subsuelo de la ciudad de México". Publicado en: VARGAS Salguero, Ramón y Víctor Arias Montes (comp.) 2010. *El ideario de los arquitectos mexicanos*. Tomo III. México: Instituto Nacional de Bellas Artes.

DAMPIER, William. 1986. *Historia de la ciencia y sus relaciones con la filosofía y la religión*. Madrid: Tecnos.

DE BERMÚDEZ, Manuela. 1-24-53. *Proyecto evitar las* [documento] En México: Archivo General de la Nación, Fondo: Instituciones gubernamentales, sección Archivos presidenciales, Presidente Adolfo Ruiz Cortínez. Inundaciones D.F., 3730 ev, 561.3/3).

DE BRIBIESCA, José Luis. 7-31-52. *Estudio Ramos Isidoro ingeniero* [documento] En México: Archivo General de la Nación, Fondo: Instituciones gubernamentales, sección Archivos presidenciales, Presidente Miguel Alemán Valdéz. Inundaciones D.F., min-17446 mg, 720/22971.

DE CEPEDA, F. y F. A. Carrillo. Edición de 1980. *Relación Universal Legítima y Verdadera del Sitio en que está Fundada la muy Noble, Insigne y muy Leal Ciudad de México, cabeza de la Provincia de toda la Nueva España.*, México: CONDUMEX.

DE CISNEROS, Diego. (2012) *Sitio, naturales y propiedades de la Ciudad de México: Aguas y vientos a que esta está sujeta y tiempos del año: Necesidades de su conocimiento para el ejercicio de la medicina, su incertidumbre y dificultad sin el de la astrología así para la curación como para los pronósticos*. Valladolid (España): Editorial Maxtor. Facsímil del impreso en 1618.

DE GARAY, Francisco. 1856. *Proyecto de desagüe*. En GONZÁLEZ Obregón, Luis. 1902 (reimpresión 2012). Memoria histórica, técnica y administrativa de las obras del desagüe del Valle de México, 1440-1900. Vol. 2. México: Tipografía de la Oficina Impresora de Estampillas.

DE GARAY, Francisco. 1888 (reimpresión 2013). *El Valle de México. Apuntes históricos sobre su hidrografía*. México: Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento.

DE GORTARI, Elí. 1963. *La ciencia en la historia de México*. México: Fondo de Cultura Económica.

DE HAY, Guillermo. 1866. *Proyecto de Guillermo de Hay*, Fondo Fomento y desagüe del Valle de México, Vol. 21, Archivo General de la Nación.

DE LA CRUZ Vázquez, Efrén. 1976. *El gasto del sector público mexicano*. México. Instituto Politécnico Nacional.

DE LA MAZA, Francisco. 1943. *Enrico Martínez: cosmógrafo e impresor de Nueva España*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

DE QUEVEDO, Miguel Ángel. 1889. *Memorias sobre el desagüe del Valle de México*. En SÁNCHEZ Ruiz, Gerardo y Víctor Arias Montes (comp.). 2012. Miguel Ángel de Quevedo. Urbanismo y medio ambiente. Escritos de 1889 a 1941. México: Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Autónoma Metropolitana.

DE VELASCO, L. 13 de abril de 1609. *Carta al Rey del Virrey Luis de Velasco*, [manuscrito] Sevilla, España: Archivo General de Indias, Fondo México. 27, N. 65 bis, f. 1.

DELGADILLO Macías, Javier. 1993. *Economía política del agua*.

DEPARTAMENTO del Distrito Federal. 1975. *Memoria histórica del Sistema de Drenaje Profundo*. México.

DERRY T.K y T. I. Williams: 1988. *Historia de la tecnología*. México: Siglo XXI editores.

ESPINOSA López, Enrique. 1991 *Ciudad de México. Compendio cronológico de su desarrollo urbano. 1521-1980*. México.

ESPINOSA, Cecilia. 2001. Las inundaciones de 1950-1952 en la Ciudad de México. Análisis y descripción de un desastre anunciado. Tesis de licenciatura. México: Escuela Nacional de Antropología e Historia.

EVERETT Boyer. 1975. *La gran inundación: vida y sociedad en México. 1629-1638*. México: Secretaría de Educación Pública.

EZCURRA, Ezequiel . 1990. *De las chinampas a la megalópolis: el medio ambiente en la cuenca de México*. México: Fondo de Cultura Económica.

Fondo Nabor Carrillo, Archivo Histórico de la Universidad Nacional, caja 3, exp. 16, doc. 577-578.

Fondo Nabor Carrillo, Archivo Histórico de la Universidad Nacional, caja 5, exp. 35, doc. 137.

Fondo Nabor Carrillo, Archivo Histórico de la Universidad Nacional, caja 5, exp. 21, doc. 20.

FOURNIER-GARCÍA, P.; L. Mondragón. 2003. *Haciendas, Ranchos, and the Otomí way of life in the Mezquital valley, Hidalgo, México*.; En: Ethnohistory; 50:1, Winter; p. 180

- GARCÍA Quintero, A. 1950. *El desequilibrio hidrológico en el Valle de México*. [manuscrito] En México: Archivo Histórico del Agua, Fondo Consultivo Técnico, caja 175, exp. 1400.
- GARGOYO, Manuel. 1856. *Proyecto de desagüe del Valle de México*, Fondo Fomento y desagüe del Valle de México, Vol. 21, Archivo General de la Nación.
- GAYOL, Roberto. 1925. *Estudio de la perturbación que en el fondo del Valle de México ha producido el drenaje de las aguas del subsuelo por las obras del desagüe y rectificación de los errores que ha dado lugar una incorrecta interpretación de los hechos observados*. En Revista de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México. Volumen 1925 31-12.
- GONZÁLEZ DE COSÍO, F. 1999. Historia de las obras públicas, México: Secretaría de Comunicaciones y Transporte
- GONZÁLEZ Morales, Leonardo. 2013. *Enrico Martínez y el primer desagüe artificial en la Nueva España*. Editorial Academia Española.
- GONZÁLEZ Obregón, Luis. 1902 (reimpresión 2012). *Memoria histórica, técnica y administrativa de las obras del desagüe del Valle de México, 1440-1900*. Vol. 1 y 2. México: Tipografía de la Oficina Impresora de Estampillas
- GONZÁLEZ Sotelo, B. 1998. *Sistemas de irrigación con aguas residuales*; Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Antropología e Historia.
- GURRÍA Lacroix, Jorge. 1978. *El desagüe del Valle de México durante la época novohispana*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- HIRIART, Fernando; Marsal, Raúl J. 1969. *El hundimiento de la Ciudad de México, El hundimiento de la Ciudad de México y proyecto Texcoco*. México: Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
- HUMBOLDT, A. V. 1822, ed. 2004. *Ensayo político sobre el reyno de la Nueva España*, México: Porrúa.
- KOYRE; Alexandre. 1978. *Estudios de historia del pensamiento científico*. México: Siglo XXI.
- KUHN, Thomas. 1971. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- LEGORRETA; Jorge. 2006. *El agua y la Ciudad de México: de Tenochtitlán a la megalópolis del siglo XXI*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- LEMOINE Villicaña; Ernesto. 1978. *El desagüe del Valle de México durante la época independiente*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- LÓPEZ Monroy José. 1856. *Proyecto de desagüe*, Fondo Fomento y desagüe del Valle de México, Vol. 21, Archivo General de la Nación.
- MARSAL, Raúl J. 1956. *Hundimiento de la Ciudad de México*, México: Colegio de México.
- MARSAL, Raúl J.; Sáinz Ortiz, Ignacio. 1956. *Breve descripción del hundimiento de la Ciudad de México*. México: Ponencia ante el XX Congreso Geológico Internacional.
- MARTÍNEZ, E. 1628. *Relación de 1628*. México: Archivo General de la Nación, Fondo: Desagüe.

MARTÍNEZ, E.. 1624. Fondo Ayuntamiento de la Ciudad de México, Sección Actas del cabildo paleografiadas, Vol. 364-A. 29 de marzo de 1624. México: Archivo Histórico de Distrito Federal.

MARTÍNEZ, Enrico. 1600, ed 1991. *Reportorio de los Tiempos e Historia natural de Nueva España*. México: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.

Marzo, 1952. *Revista Estudios*, Núm 2. (revista bimestral) no. 2. México.

MASON, Stephen. 1984. *Historia de las ciencias*. México: Alianza editorial.

MAYER, Roberto L. (2005). "Trasmonte y Boot. Sus vistas de tres ciudades mexicanas en el siglo XVII". *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas*. Núm. 87. México : UNAM.

MONROY Castillo, I. 1988. *Actas del Cabildo 1611 – 1620*. México: Universidad Iberoamericana.

MOOSER; F. 1975. *Historia geológica de la Cuenca del Valle de México*. En Departamento del Distrito Federal. 1975. *Memoria histórica del Sistema de Drenaje Profundo*. México.

MORA, José María Luis; 1823. En 1976. *Relaciones del desagüe del Valle de México*; México: Secretaría de Obras Públicas.

MORFÍN Delorme, Enrique. 6-16-55. Proyecto Morfin Delorme Enrique [documento] En México: Archivo General de la Nación, Fondo: Instituciones gubernamentales, sección Archivos presidenciales, *Presidente Adolfo Ruiz Cortínez*. Inundaciones D.F., 10912 mg, 561.3/3

MUSSET; Alain. 1996. *De Tláloc a Hipócrates*. En Tortolero Villaseñor, Alejandro (coordinador). 1996. *Tierra, agua y bosques: Historia y medio ambiente en el México central*. México: Instituto de Investigaciones José María Luis Mora.

NAVARRO; Víctor. Javier Ordóñez. J. Manuel Sánchez. 2007. *Historia de la ciencia*. España: Gran Austral.

NEGRETE Salas, María Eugenia (1994). *Evolución de la población y organización urbana*. En Isabel Tovar y Magdalena Mas (comps.), *Macrópolis Mexicana*, Serie Ensayos sobre la Ciudad de México, vol. IV. México, DDF, UIA, CNA.

OCHOA E., Raúl; Ortiz, José Luis; (1964). *Drenaje de la Ciudad de México, sus problemas y su solución*, Revista Ingeniería, núm. 1, vol 34, México: Facultad de Ingeniería, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

OCHOA García, Carlos. 6-11-57. Sugestión evitarlas [documento] En México: Archivo General de la Nación, Fondo: Instituciones gubernamentales, sección Archivos presidenciales, *Presidente Adolfo Ruiz Cortínez*. Inundaciones D.F., 10291 mam, 561.3/3.

ORIVE Alba, A. 1970. *La irrigación en México*. México: Grijalbo, p. 146

OROZCO Y BERRA, Manuel. 1864 (reimpresión 2014) *Memoria para la Carta hidrográfica del Valle de México*. México: Imprenta de A. Boix.

PARDO, A. 13 de abril de 1609. *Relación de lo que en la ocasión pasada y ésta presente de la inundación que la laguna de esta ciudad de Mexico a causado e ella se ha hecho para su reparo por lo virreyes Marqués de Montes Claros y don Luis de Velasco escrita por Alonso Pardo, escribano del rey*. Sevilla, España: Archivo General de Indias, Fondo México, 27, N. 65 bis, f. 1.

PEÑA, F. 1999. *La esperanza en las aguas de desecho. Construcción de una región irrigada en el Valle del Mezquital*. En: Revista de Ciencias Sociales y Humanidades, Núm. 3, p. 64.

PÉREZ Tamayo. 2005. *Historia general de la ciencia en México en el siglo XX*. México: Fondo de Cultura Económica.

Periódico La Prensa, 26 de agosto de 1965, p. 2-10, Fondo Nabor Carrillo, Archivo Histórico de la Universidad Nacional, caja 5, exp. 39, doc. 180.

Periódico Últimas Noticias, 2ª edición, martes 11 de septiembre de 1951, p.3. Fondo Nabor Carrillo, Archivo Histórico de la Universidad Nacional, caja 5, exp. 35, doc. 137.

PERLÓ Cohen, Manuel. 1999. *El paradigma porfiriano: historia del desagüe del Valle de México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

PETRICIOLI, Carlos. 1930. En México: Archivo Histórico del Distrito Federal, Fondo: Departamento del Distrito Federal, sección Obras públicas, serie Ingenieros y arquitectos realizan estudios sobre el problema general de abastecimiento de agua, caja 7/1929-1930, paquete 3

PONCE de León, César. 7-31-52. Estudio Ramos Isidoro Ingeniero [documento] En México: Archivo General de la Nación, Fondo: Instituciones gubernamentales, sección Archivos presidenciales, Presidente Miguel Alemán Valdéz. Inundaciones D.F, min-17446 mg, 720/22971

POPPER; Karl R. 1967. *Conjeturas y refutaciones. El desarrollo del conocimiento científico*. Barcelona: Ediciones Paidós.

POUMAREDE, Juan Andrés. 1859. Proyecto de desagüe, Fondo Fomento y desagüe del Valle de México, Vol. 21, Archivo General de la Nación.

RESTORY, Manuel. 1866. Para evitar inundaciones el año entrante, Fondo Fomento y desagüe del Valle de México, Vol. 21, Archivo General de la Nación.

Revista Estudios (revista bimestral) marzo, 1952, México, D.F., no. 2, p. 35-38. Fondo Nabor Carrillo, Archivo Histórico de la Universidad Nacional, caja 3, exp. 16, doc. 577-578.

RÍOS Elizondo, Roberto; Ochoa, Raúl E. 1976. *Problemas interdependientes; en Departamento del Distrito Federal*. 1976. Memoria del Sistema de Drenaje Profundo. México: DDF.

ROJAS Garciadueñas, Manuel. 1990. *Introducción a la historia de la ciencia*. México: AGT Editor.

ROSENZWIEG, Fernando. 1989. *El desarrollo económico de México de 1877 a 1911*. En Cárdenas, Enrique (comp.) Historia económica de México. México: Fondo de Cultura Económica.

RUBIO Mañé, Ignacio. 1975. *El Virreinato*. México: Fondo de Cultura Económica.

RUIZ Limón, Ramón. 1999. *Historia de la ciencia y el método científico*.

SALA Catalá, J. 1992. *La localización de la capital de Nueva España como problema científico*. En: LAFUENTE, A. (editor). Ciencia colonial en América. Madrid: Alianza.

SÁNCHEZ Flores, Ramón. 1980. *Historia de la tecnología y la invención en México*. México: Fomento Cultural Banamex.

SÁNCHEZ Ruiz, Gerardo. 2013. *Precursores del urbanismo en México*. México: Trillas, Universidad Autónoma Metropolitana.

SCHELL Hoberman, Louisa. 1979. *City planning in spanish colonial government: the response of Mexico city to the problem of the flood, 1607-1637*. Tesis. Columbia University.

SECRETARÍA DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO. 1969. Nabor Carrillo. *El hundimiento de la Ciudad de México y el Proyecto Texcoco. Contribución del proyecto Texcoco al VII Congreso Internacional de mecánica de suelo e ingeniería de cimentaciones*. México: SHCP.

SECRETARÍA de Obras Públicas. 1976. *Relaciones del desagüe del valle de México, años de 1555-1823*. México: Secretaría de Obras Públicas.

SERVÍN, Roberto. 1930. 8 de julio de 1930. *Informe que rinde la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México* [documento] En México: Archivo Histórico del Distrito Federal, Fondo: Departamento del Distrito Federal, sección Obras públicas, serie Ingenieros y arquitectos realizan estudios sobre el problema general de abastecimiento de agua, caja 7/1929-1930, paquete 3

SMITH M.L. 1848. *Proyecto de desagüe*. En GONZÁLEZ Obregón, Luis. 1902 (reimpresión 2012). Memoria histórica, técnica y administrativa de las obras del desagüe del Valle de México, 1440-1900. Vol. 2. México: Tipografía de la Oficina Impresora de Estampillas.

SOTOMAYOR de Zaldo, A. 1970. *Curso de historia de la Ciudad de México*. México: Sociedad mexicana de geografía y estadística.

STANLEY Smith, Cyril. (1980) *From Art to Science*. MIT Press.

TORTOLERO Villaseñor, Alejandro (coordinador). 1996. *Tierra, agua y bosques: Historia y medio ambiente en el México central*. México: Instituto de Investigaciones José María Luis Mora.

TRABULSE, Elías. 1996. *Ciencia y tecnología en el Nuevo Mundo*. México: El Colegio de México.

TRABULSE; Elías. 1994. *Historia de la ciencia en México* (versión abreviada). México: Fondo de Cultura en México.

VALEK Valdés, Gloria. 2000. *Agua: reflejo de un valle en el tiempo*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

VILLANUEVA Ramírez, Víctor. 7-23-51. En México: Archivo General de la Nación, Fondo: Instituciones gubernamentales, sección Archivos presidenciales, *Presidente Miguel Alemán Valdés*. Inundaciones D.F., General, 17656 ev., 720/22971

Isaac Acosta Fuentes
Curriculum vitae

Su formación profesional tiene dos vertientes. Es economista, egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México, y diseñador industrial, por la Universidad Autónoma Metropolitana. Obtuvo el grado de Maestría en Diseño Industrial en el Posgrado de la Facultad de Arquitectura de la UNAM en el año 2010.

Ha practicado profesionalmente tanto la disciplina de la Economía como la del Diseño Industrial, sobre todo realizando la formulación de proyectos productivos y en el desarrollo de mobiliario para distintos ámbitos.

Desde el año 2000 comenzó a dar clases como profesor adjunto en la Facultad de Economía de la UNAM y lo continuó realizando hasta el año 2004. A partir del año 2008 hasta la fecha se ha desempeñado como profesor de la licenciatura en Diseño Industrial en la División de Ciencias y Artes para el Diseño de la Unidad Azcapotzalco de la UAM. También ha colaborado dando clases en el Tronco General de Asignaturas de la División de CyAD y en el Posgrado en Diseño de la misma. Tiene el Reconocimiento al Perfil Deseable PRODEP con vigencia al mes de junio de 2019.

A partir de haber realizado los estudios de Maestría desarrolló un interés por los problemas urbanos. Su trabajo de investigación de tesis de Maestría trató sobre la captación de agua de lluvia en la Ciudad de México, como una alternativa a la explotación de las fuentes de abasto tradicionales.

Ha participado en la publicación de diversos artículos de investigación. El *Anuario de Espacios Urbanos 2012*, del Departamento de Evaluación del Diseño en el Tiempo de la UAM publicó un texto del que es autor, titulado "Inundaciones, hundimiento y drenaje: acuerdos y divergencias en el diagnóstico de los problemas hidráulicos de la ciudad de México en la década de 1950".

Colaboró con el artículo "El debate científico en torno al desagüe del valle de México" en el libro titulado *Servicios urbanos en las ciudades mexicanas de los siglos XIX y XX*, editado por el Departamento de Evaluación del Diseño en el Tiempo en el año 2016.

Por otra parte, la revista *Taller de Servicio 24 Horas*, del Departamento de Investigación y Conocimiento de la UAM publicó el artículo "Visiones del desagüe del valle de México durante el siglo XIX", en el número 22, año 11, de septiembre 2015-febrero 2016.

En este año de 2016 participó en el 1er Coloquio de Historia de la Ciencia de la Universidad de Guadalajara con la ponencia titulada "La higienización y el desagüe del valle de México. Un proceso histórico en desarrollo". Este trabajo se encuentra en dictaminación para su posible publicación. Los trabajos referidos están directamente vinculados con el trabajo de investigación de tesis doctoral.

De manera paralela a lo anterior ha estado desarrollando la línea de investigación sobre la relación del diseño con la sustentabilidad, participando en diversas publicaciones y eventos de carácter académico.